

2009년 2월

박사학위논문

태양열을 이용한 응축시스템  
개발에 관한 연구

조선대학교 대학원

기계공학과

장원택

태양열을 이용한 응축시스템  
개발에 관한 연구

A Study on the Development of Condensation System  
Using Solar Distillation

2009 년 2월 25 일

조선대학교 대학원

기 계 공 학 과

장 원 택

태양열을 이용한 응축시스템  
개발에 관한 연구

지도교수 김 병 철

이 논문을 공학박사 학위 신청 논문으로 제출함.

2008 년 10월 일

조선대학교 대학원

기계공학과

장 원 택

# 장원택의 박사학위 논문을 인준함

위원장	조선대학교	교수	인
위 원	조선대학교	교수	인
위 원	조선대학교	교수	인
위 원	조선대학교	교수	인
위 원	한국폴리텍V대학	교수	인

2008년 12 월 일

조선대학교 대학원

# 목 차

Nomenclatures .....	iii
List of Tables .....	v
List of Photos .....	vi
List of Figures .....	vii
Abstract .....	xiv
<b>제 1 장 서 론</b> .....	<b>1</b>
1.1 연구배경 .....	1
1.2 연구동향 .....	3
1.3 연구목적 및 방법 .....	4
<b>제 2 장 이론적 배경</b> .....	<b>5</b>
2.1 태양열 일사량 .....	5
2.1.1 우리나라의 일사량 .....	12
2.1.2 외국의 일사량 .....	14
2.2 증발이론 .....	17
<b>제 3 장 실험 장치 및 방법</b> .....	<b>20</b>
3.1 실험 장치 .....	20
3.2 실험순서 및 방법 .....	24
<b>제 4 장 실험 결과 및 고찰</b> .....	<b>25</b>
4.1 계절적 특성에 따른 응축수량 .....	28
4.1.1 봄 .....	28
4.1.2 여름 .....	39
4.1.3 가을 .....	57
4.1.4 겨울 .....	69

4.2 월평균 응축수량과 경사각의 영향 .....	81
4.3 맑은날 .....	84
4.3.1 월별 일사량과 외기온도 .....	84
4.3.2 월별 일사량과 경사각에 따른 응축수 .....	86
4.3.3 계절별 맑은날의 외기온도와 일사량과 응축수량 .....	88
4.4 흐린날 .....	96
4.4.1 월별 흐린날과 일사량 .....	96
4.4.2 월별 흐린날과 경사각에 따른 응축수 .....	97
4.5 눈온날 .....	98
4.5.1 눈온날의 일사량과 외기온도와 내부온도 .....	98
4.5.2 눈온날의 내부온도와 응축수 .....	99
4.5.3 눈온날의 각도별 응축수량 .....	100
4.6 불규칙한날 .....	101
4.6.1 맑은 후 비온 날 .....	101
4.6.1.1 맑은 후 소낙비 .....	101
4.6.1.2 맑은 후 가랑비 .....	104
4.6.2 맑은 후 눈온날 .....	106
4.6.3 비오다 눈 오는 날 .....	108
4.7 날씨별 집열면적과 응축수량 .....	110
4.8 월평균 응축수량 경사각 .....	116
<b>제 5 장 결 론</b> .....	119
<b>References</b> .....	121
<b>감사의 글</b>	

## Nomenclatures

$D_o$	: The Horizontal Diffused Solar Radiation
$D_i$	: The Diffused Solar Radiation from Angle
b	: Angle
H	: The horizontal Solar Radiation
S	: Sunshine Hours
Z	: Length of the day in Hours
d	: Day
A	: An Invariable Number (1.96)
B	: An Invariable Number (43.9)
C	: An Invariable Number
E	: The Evaporative Capacity
F	: The Pressure of Saturated Vapor
P	: Vapor Pressure
T	: The Absolute Temperature
V	: The Speed of Evaporation
v	: The Speed of Air
AC	: Amount of Clouds
TG	: The Temperature of Glass
TA	: The Temperature of Air
AW	: The Above Water
UW	: The Under Water
WS	: The Water Surface
TW	: The Temperature of Water
CW	: The Condensed Water
TCW	: Cumulative Total Condensed Water
U	: The Upper Part
L	: The Lower Part
OT	: The Outside Temperature
IT	: The Inside Temperature
IVT	: The Inside Average Temperature
SR	: The Solar Radiation
SD	: The Sunshine Duration
BAW	: The Base Area of Water

ETR : The Extra Terrestrial Radiation

### **Greek Symbols**

$\phi$  : Latitude in radian

$\psi_{if}$  : Relative humidity Factor

### **Subscripts**

$\omega$  : Hygrometry Temperature

a : The dew point Temperature

o : The Standard Pressure



## List of Tables

Table. 1	The Albedo of various surfaces at various solar elevations .....	8
Table. 2	The comparison solar radiation ratio average at staple national .....	15
Table. 3	The Average of Condensed Water per Base Area of Water by Weather ..	110
Table. 4	The Base Area of Condensed Water System required for a man per one day .....	110
Table. 5	The Solar Radiation and Outside Temperature by the Highest Condensed Water .....	113
Table. 6	The Outside Temperature and Condensed Water by the Highest Solar Radiation .....	113
Table. 7	Monthly average amount of condensed water and solar radiation and outside temperature and required area for water .....	115

## List of Photos

1	Photo of Experimental Apparatus .....	21
2	Photo of Data Acquisition Unit .....	21
3	Photo of The Collection of Condensed Water .....	22

## List of Figures

Fig. 1	Experimental Apparatus .....	23
Fig. 2	The Solar Radiation and the Extra Terrestrial Radiation .....	26
Fig. 3	The Solar Radiation a Monthly Average and the Amount of Cloud .....	26
Fig. 4	The Solar Radiation of a monthly average .....	27
Fig. 5	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day (2008.03.14) .....	28
Fig. 6	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Yellow Dust Day (2008.03.02) .....	28
Fig. 7	The Condensed Water and the Solar Radiation on Yellow Dust Day (2008.03.02) .....	29
Fig. 8	The Condensed Water and the Outside Temperature on Yellow Dust Day (2008.03.02) .....	29
Fig. 9	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Yellow Dust Day (2008.03.02) .....	30
Fig. 10	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Yellow Dust Day (2008.03.02) .....	30
Fig. 11	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Yellow Dust Day (2008.03.02) .....	31
Fig. 12	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Yellow Dust Day (2008.03.02) .....	31
Fig. 13	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day (2007.05.05) .....	33
Fig. 14	The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day (2007.05.05) .....	33
Fig. 15	The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.05.05) .....	34

Fig. 16	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.05.05) .....	36
Fig. 17	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.05.05) .....	36
Fig. 18	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.05.05) .....	37
Fig. 19	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.05.05) .....	37
Fig. 20	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day (2007.06.12) .....	39
Fig. 21	The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day (2007.06.12) .....	39
Fig. 22	The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.06.12) .....	40
Fig. 23	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.06.12) .....	42
Fig. 24	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.06.12) .....	42
Fig. 25	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.06.12) .....	43
Fig. 26	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.06.12) .....	43
Fig. 27	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Rainy Day (2007.07.10) .....	45
Fig. 28	The Condensed Water and the Solar Radiation on Rainy Day (2007.07.10) .....	45
Fig. 29	The Condensed Water and the Outside Temperature on Rainy Day (2007.07.10) .....	46

Fig. 30	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Rainy Day (2007.07.10) .....	48
Fig. 31	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Rainy Day (2007.07.10) .....	48
Fig. 32	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Rainy Day (2007.07.10) .....	49
Fig. 33	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Rainy Day (2007.07.10) .....	49
Fig. 34	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Shower Day (2007.08.09) .....	51
Fig. 35	The Condensed Water and the Solar Radiation on Shower Day (2007.08.09) .....	51
Fig. 36	The Condensed Water and the Outside Temperature on Shower Day (2007.08.09) .....	52
Fig. 37	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Shower Day (2007.08.09) .....	54
Fig. 38	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Shower Day (2007.08.09) .....	54
Fig. 39	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Shower Day (2007.08.09) .....	55
Fig. 40	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Shower Day (2007.08.09) .....	55
Fig. 41	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day (2007.11.12) .....	57
Fig. 42	The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day (2007.11.12) .....	57
Fig. 43	The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.11.12) .....	58

Fig. 44	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.11.12) .....	60
Fig. 45	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.11.12) .....	60
Fig. 46	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.11.12) .....	61
Fig. 47	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.11.12) .....	61
Fig. 48	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Rainy Day (2007.10.07) .....	63
Fig. 49	The Condensed Water and the Solar Radiation on Rainy Day (2007.10.07) .....	63
Fig. 50	The Condensed Water and the Outside Temperature on Rainy Day (2007.10.07) .....	64
Fig. 51	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Rainy Day (2007.10.07) .....	66
Fig. 52	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Rainy Day (2007.10.07) .....	66
Fig. 53	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Rainy Day (2007.10.07) .....	67
Fig. 54	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Rainy Day (2007.10.07) .....	67
Fig. 55	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day (2007.12.01) .....	69
Fig. 56	The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day (2007.12.01) .....	69
Fig. 57	The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.12.01) .....	70

Fig. 58	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.12.01) .....	72
Fig. 59	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.12.01) .....	72
Fig. 60	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.12.01) .....	73
Fig. 61	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.12.01) .....	73
Fig. 62	The Solar Radiation and the Outside Temperature after Snow Day (2008.01.03) .....	75
Fig. 63	The Condensed Water and the Solar Radiation after Snow Day (2008.01.03) .....	75
Fig. 64	The Condensed Water and the Outside Temperature after Snow Day (2008.01.03) .....	76
Fig. 65	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° after Snow Day (2008.01.03) .....	78
Fig. 66	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° after Snow Day (2008.01.03) .....	78
Fig. 67	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° after Snow Day (2008.01.03) .....	79
Fig. 68	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° after Snow Day (2008.01.03) .....	79
Fig. 69	The Solar Radiation and the Outside Temperature (Total Average) (2007.05 ~ 2008.04) .....	81
Fig. 70	The Condensed Water and The Solar Radiation (Total Average) (2007.05 ~ 2008.04) .....	81
Fig. 71	The Condensed Water and the Outside Temperature (Total Average) (2007.05 ~ 2008.04) .....	82

Fig. 72	The Solar Radiation and the Outside Temperature (2007.11.~2008.10)	84
Fig. 73	The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear Day (2007.11.~2008.10)	84
Fig. 74	The Condensed Water and the Solar Radiation (2007.11.~2008.10)	86
Fig. 75	The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear Day (2007.11.~2008.10)	86
Fig. 76	The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear Day of Autumn (2008.10.30)	88
Fig. 77	The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear Day of Autumn (2007.10.30)	88
Fig. 78	The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear Day of Winter (2008.1.13)	90
Fig. 79	The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear Day of Winter (2008.1.13)	90
Fig. 80	The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear Day of Spring (2008.5.31)	92
Fig. 81	The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear Day of Spring (2008.5.31)	92
Fig. 82	The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear Day of Summer (2008.8.6)	94
Fig. 83	The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear Day of Summer (2008.8.6)	94
Fig. 84	The Solar Radiation and the Outside Temperature in Cloudy Day (2007.11.~2008.08)	96
Fig. 85	The Condensed Water and the Solar Radiation in Cloudy Day (2007.11.~2008.08)	97
Fig. 86	The Inner Temperature of 45° and the Outside Temperature and the Solar Radiation in Snowy Day (2008.1.3)	98



Fig. 87	Inner Temperature of 45° and the Condensed Water of 45° (2008.1.3)	99
Fig. 88	The Condensed Water and the Solar Radiation in Snowy Day(2008.1.3)	101
Fig. 89	The Condensed Water and the Solar Radiation and outside temperature in Shower after Clear Day(2007.8.8~10)	101
Fig. 90	The Condensed Water and the Solar Radiation and outside temperature in Clear after Shower Day(2008.7.23~25)	102
Fig. 91	The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear after Drizzle Day(2008.6.3)	104
Fig. 92	The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear after Drizzle Day(2008.6.3)	104
Fig. 93	The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear after snowy day (2008.1.15)	106
Fig. 94	The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear after snowy day (2008.1.15)	106
Fig. 95	The Solar Radiation and the Outside Temperature in Snowy after Rainy day (2007.12.13)	108
Fig. 96	The Condensed Water and the Solar Radiation in Snowy after Rainy day (2007.12.13)	108
Fig. 97	The average of Condensed Water by Angle (2007.11~2008.10)	111
Fig. 98	The Required Base Area of Condensed Water by Angle (2007.11~2008.10)	111
Fig. 99	The Solar Radiation and the Outside Temperature (Total Average) (2007.11~2008.10)	116
Fig. 100	The Condensed Water and The Solar Radiation (Total Average by Day) (2007.11~2008.10)	117
Fig. 101	The Condensed Water and The Solar Radiation (Total Average by Month) (2007.11~2008.10)	117

# ABSTRACT

## A Study on the Development of Condensation System Using Solar Distillation

Jang, Won-Taek

Advisor. Prof. Kim, Byung-Chul Ph.D.

Department of Mechanical Engineering,

Graduate School of Chosun University

It was studied on the condensation system using solar distillation in the cubes tilted with  $60^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $15^\circ$  of glass. The temperatures in the cube and solar radiation, weather condition and the amount of condensed water were measured for two years and The amount of condensed water was analysed with the season and weather condition, and concluded as follows:

### Spring

1. When sunshine wasn't measured from 17 to 20 o'clock, lots of condensed water was produced.
2. The condensed water was produced more  $15^\circ$  and  $30^\circ$  than  $60^\circ$  and  $45^\circ$  on clear day.
3. The condensed water was produced more clear day than yellow dust day.
4. When the upper part of inner temperature was lower than the lower part of inner temperature, lots of condensed water was produced.

### Summer

1. Lots of the condensed water was produced in case of  $15^\circ$ , same as clear day of spring.

2. The Sunshine wasn't measured little, but outside temperature was higher than other season on rainy day.
3. Lots of the condensed water was produced in case of 60 ° on rainy day.
4. The condensed water was produced irregularly and the most condensed water was produced in case of 60 ° on shower day.

#### Autumn

1. The condensed water was produced more 45 ° and 60 ° than 30 ° and 15 ° on clear day.
2. Lots of condensed water was produced in case of 15 ° , 30 ° on clear day of spring and summer , but It was produced in case of 45 ° and 60 ° .

#### Winter

1. The sunshine was measured more than summer , but outside temperature was lower than other season on clear day.
2. Lots of the condensed water was produced in case of 45 ° and 60 ° , same as clear day of autumn.

#### In case of the clear day

1. In case of clear day, the cube of tilted angle 45 ° was the best for condensation water produced by 1207ml and required base area of water for a man needed 2000 ml for one day was 1.6 m<sup>2</sup>.
2. After three hours from sunset, the amount of condensation water was the largest.
3. When the tilted angle is the bigger, the gap rate is bigger, it takes long time to get the saturation temperature and condensation.

#### In case of the cloudy day

1. In case of cloudy day, the cube of tilted angle 45 ° was the best for condensation water produced by 900 ml and required base area of water for a man needed 2000 ml for one day was 2.2 m<sup>2</sup>.

In case of the rainy day

1. In case of rainy day, the cube of tilted angle  $45^\circ$  was the best for condensation water produced by 1047 ml and required base area of water for a man needed 2000 ml for one day was  $1.9 \text{ m}^2$ .

In case of the snowy day

1. In case of rainy day, the cube of tilted angle  $45^\circ$  was the best for condensation water produced by 392 ml and required base area of water for a man needed 2000 ml for one day was  $6.1 \text{ m}^2$ .
2. The evaporation wasn't occur because the temperature was low and solar radiation was less measured in a heavy snow day, so the condensation water was produced a little such as,  $60^\circ$  was 343 ml,  $45^\circ$  was 330 ml,  $30^\circ$  was 265 ml, and  $15^\circ$  was 248 ml.

In case of the irregular day

1. When the shower day after clear tilted angle of  $60^\circ$  produced the largest than that of  $45^\circ$  because of big gap rate.

Required base area of water

1. The required the area per one man in clear day for one year was  $1.66 \text{ m}^2$  for the tilted angle  $45^\circ$ .
2. The required base area per one people needed 2000 ml for one day on May, June July, August and September was  $2.22 \text{ m}^2$  for June produced minimum of 1047 ml.

# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구배경

산업의 발달에 의한 지구 온난화 현상은 가뭄이나 홍수 등의 이상기온의 원인이 되었고 이에 따라 물의 부족현상은 어쩔 수 없는 현실로 나타나고 있으며 우리나라도 물 부족 국가로 분류 되어있어 이에 대한 대책 역시 대단히 중요한 문제로 대두되고 있다.

물은 공기와 더불어 인간을 비롯한 모든 생물이 살아가는데 꼭 필요한 자원으로 그 양과 질은 인간뿐만이 아닌 지구위의 생명체에 매우 큰 영향을 미친다. 더욱이 과학과 산업의 발달로 수자원의 활용범위가 더 넓어지고, 그 중요성이 높아지고 있는 현실을 감안한다면 양질의 수자원 확보는 지구의 생명을 유지하는데 있어서 매우 중요한 문제가 될 것이다. 하지만, 현재 전 세계의 물은 부족과 오염이라는 이중고에 시달리고 있는 가운데 그 사용량은 계속해서 증가 추세를 보이고 있어, 현실적으로 사용 가능한 수자원의 확보는 더욱 어려워지고 있는 상황이다. 또한 경제의 발전과 산업화로 인해 발생되고 있는 이상기후로 인해 홍수와 가뭄이 인류 생활에 큰 영향을 미치고 있고 점점 악화되고 있는 물 부족 현상은 국제적인 분쟁의 요지로 까지 확산될 가능성마저 보이고 있는 실정이다. 이미 아프리카, 중동 등지에서는 3억 명 이상이 심각한 물 부족을 겪고 있으며, 2050년에는 24억 명 까지 늘어날 것이라고 경고 되고 있으며 세계은행도 20세기 국가 분쟁의 원인이 석유라면 21세기는 물이 될 것 이라고 지적되었을 만큼 현시대의 물 부족사태는 이미 심각한 지경에 까지 이르렀으며 우리나라도 심각한 물의 부족국가로 분류되고 있다. 따라서 생활용수뿐만 아니라 음용수의 개발과 보존이 중요한 관심사가 되고 있다.<sup>1-3)</sup>

현재 대표적으로 사용되고 있는 정수방식은 증류식, 역삼투압식, 여과식, 이온교환수지식이 있으나, 경제성과 효율성에 문제가 있어 아직 보편화 되지 않고 있다.<sup>4-11)</sup>

공급된 물을 열에 의해 가열하여 증류시킴으로 얻을 수 있는 증류방식을 이용한 대형 정수 설비 및 소형 정수기들이 제작되고 시판되고 있지만 모든 방식에서 깨

끗한 물을 지속적으로 공급받기 위해서 맑은 물 생산의 중요성만큼이나 그 소요에너지의 필요와 초기 설비 투자에 막대한 비용이 소요되며, 소규모 정수기들은 필터의 교체 등 유지관리에 끊임없이 막대한 비용이 소요되어 보편화하기에는 아직 해결해야 할 문제 들이 많다.

원래 물속에 녹아 있는 염류까지 제거 할 수 있어서 바닷물을 담수화시키기 위한 목적으로 개발된 역 삼투압 방식은 약 0.01mm정도의 미세구멍을 통해서 물 분자만 통과시키고 용존 염류는 통과하지 못하도록 미세한 구멍을 낸 것인데 일반적으로 역 삼투압 방식은 가격이 비싸고, 정수를 위해서 들어간 물의 일부만 먹을 수 있도록 정수하고 나머지는 흘러 내버려야하는 단점이 있다.<sup>12-14)</sup>

활성탄에 의한 정수방법은 물이 활성탄 컬럼을 통과하면서 활성탄에 있던 무기물을 녹여내어서 통과한 물로서 환원력이 있어 물속의 염소를 무해한 염소이온으로 환원시키고, 활성탄 자체에는 많은 구멍들이 있어서 그 표면적이 매우 넓으므로 여기에 유해물질이 흡착되어 물속의 불순물이나 유해물질을 제거해 줄 수 있으나 활성탄에 흡착이 진행될수록 효율이 저하되어 잦은 교환이나 재생이 필요하며, 흔들거나 물이 역류하면 불순물이 다시 섞여서 나오는 단점이 있다.

물속 이온성 물질을 치환, 제거하여 무기물 그리고 금속 이온류를 이온 교환 수지의 나트륨 이온과 교환하는 방식을 이용한 이온교환수지 방식은 경수를 연수로 바꿀 때 많이 사용되며, 금속이온의 제거에 효과가 탁월하나, 농약이나 합성세제, 세균과 같은 물질을 제거하기 힘들며, 유기화합물이나 무기화합물, 세균 등의 제거에는 효과가 거의 없고, 많은 양의 수지가 필요하다는 단점이 있다.<sup>15)</sup>

따라서 이러한 방법들의 단점을 보완하고, 값싸고 쉬운 방법을 이용하여 필요한 물을 얻을 수 있는 방법의 개발이 절실히 필요한 실정이다.

## 1.2 연구동향

물을 맑게 정수하거나 생산하는 과정은 여러 기술적 기계적 방법이 동원되므로 고비용과 대형화로 인해, 요구되는 물의 양과 더불어 그 에너지와 비용은 모든 사람들이 쉽게 맑은 물을 접할 수 없게 하였다. 그래서 간단한 설비의 개발이 절실하여졌고, 비용뿐만 아니라 환경오염에 있어서도 열원이나 매연이 없이 증발시키는 자연의 순환 방식인 태양열을 이용한 정수방법의 연구에 이르렀다.

Richard H. Pierce와 L. Kellie Dixon은 태양열 집열기를 3개와 5개를 설치하여 높은 온도를 얻었을 때의 증발효과를 비교 연구 하였고,<sup>16)</sup> Robert E. Foster, Martin Romero, Sharon Eby-Martin, Gregory R. Vogel, Michael Cormier, William Amos, Vipin Gupta는<sup>17)</sup> 소형 증발장치를 제작하여 태양열로 증류시켜 맑은 물을 생산하는 실험을 통해 1일에 1내지 2gallon을 생산하였으며, 물맛과 경제성을 조사하여 그 실용가능성을 검증하였고, W.R.McCluney는 Campbell, George 등의 연구와 논문들을 모아 물의 태양열 증발에 대한 일반적인 내용을 실용성과 경제성을 망라하여 체계적으로 정리하였다.<sup>18)-29)</sup>

Lourdes Garcia-Rodriguez와 Carlos Gomez-Camacho는 바닷물을 증류하는데 태양열을 활용하는 방안을 연구하였으며<sup>30)</sup>, A.E.Kabeel과 M.A.Rayan<sup>31)</sup>은 증발장치의 유리표면의 온도를 낮게 함으로서 응축효과를 증진시킬 수 있다고 하였다.

태양열 증발장치가 성공한 것 중의 하나는 4500 m<sup>2</sup>의 증발 면적으로 1872년부터 지금까지 가동되고 있는 칠레의 Las Salinas에 세워진 시설이며<sup>32)</sup>, 이곳에서의 생산량은 일일 6000 gallon이다.<sup>33)</sup> 경제적인 면에서는 넓은 면적일수록 유리하다고 하였다.<sup>34)</sup> 인도의 New Delhi에서는 일반적인 비용의 절반에 이르는 소형 증발장치를 생산하고 있다.<sup>35)</sup>

그러나 그러한 연구의 결과가 각 지역의 일사량 등 기후와 날씨에 따라 다르기 때문에<sup>36)</sup> 보편적으로 활용할 수 있는 자료의 기능을 할 수가 없으므로 우리나라의 주요지역에서의 계절적, 특성별 자료가 절실히 필요하다.

### 1.3 연구목적 및 방법

태양열의 입사각을  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  로 각각 제작하여 동일지역에 정남향으로 설치하고 내부에는 일정량의 지정성분의 물을 공급하여 태양열에 의해 내부의 온도가 변화되는 양상과 증류형태를 관찰함으로써 각 구조별 차이와 특징을 파악하고자 하였다.

실험기간 동안의 날씨와 주변 조건에 따라 각 구조별로 보여 주는 특성을 장치의 내부공기온도와 물의 온도 그리고 유리표면 온도나 외기온도 등의 변화가 상호 조건에 미치는 영향 및 관계를 비교하고 분석하여 표현할 수 있도록 하였다.

여러 상황의 변화를 파악함은 물론 태양열과 주변 조건에 의해 발생하는 증발현상 및 응축수 생산 등의 결과를 측정하여 각 조건에 따른 효율 정도를 결정할 수 있는 자료로 제공하고자 한다. 본 연구에서는 태양열을 이용하여 증발시킴으로써 이에 대한 정수방법을 연구하여 음용수 개발의 기초 자료로 삼고자 한다.

태양열을 효과적으로 활용하기 위한 방법을 얻고자 경사각이 다른 육면체를 제작하여 각 구조가 갖는 증발효율의 특성을 찾아내고자 한다.

일부 선진국에서는 자국의 실정에 맞는 대체에너지를 활용한 정수설비를 구축하여 연구를 하기도 하지만 우리나라에서는 그와 같은 태양에너지 등 대체에너지의 정수기술 연구가 진행된 자료를 아직 발견하지 못하였다.

본 연구는 우리나라의 남부지역(광주지역)에서의 날씨와 온도변화를 관찰하고 그에 따른 증발량과의 관계를 분석하여 비경제적인 전기에너지나 공기오염의 원인인 화석연료의 연소가 없는 태양열을 에너지원으로 한 맑은 물의 생산 방법 및 생산 가능한 양을 실험적으로 제시하고 한다. 따라서 본 논문은 2년 동안 이 지역의 날씨와 온도변화에 따른 태양열에 의한 증발 및 응축효과에 대한 자료와 무공해이면서 비용이 들지 않는 태양에너지를 이용한 물의 증발에 따른 응축 효과에 대한 자료를 제시하고 한다.



## 제 2 장 이론적 배경

### 2.1 태양열 일사량

일사량이란 지표면에 도달한 태양의 복사에너지의 양을 말하며, 태양광선에 직각으로 놓은 1cm<sup>2</sup>의 넓이에 1분 동안의 복사량을 측정한다.

매년 지상에 도달되는 태양에너지는 약  $5.4 \times 10^{24}$  J/year로서 지구가 사용하는 에너지량의 30배 정도가 된다. 이 막대한 에너지가 골고루 오지 않고 지역에 따라 차이가 있는 것은

첫째, 지구의 위도에 따라 태양이 비치는 각도와 시간이 다르기 때문이다.

둘째는 물론 기후와 밀접한 관계로 구름이 끼거나 먼지 및 공해성 물질이 지구표면에서 불규칙하게 이동하면서 지구표면을 덮어 직사광선을 차단시키기 때문이다. 지구표면에서의 문제는 소위 기후 혹은 일기에 관한 문제이고 우선 태양의 직사방향과 직사 시간에 대하여 알아보면 지구의 회전축과 태양빛이 서로 직각이 아니기 때문에 태양의 직사방향은 계절, 월, 일시에 따라 달라지는데 이것을 정량적으로 취급하는 것이 지축의 기울기이다.

정오의 태양 고도 각은 춘분과 추분시의 고도 각에 비해 최고  $\pm 23^\circ 45'$ 의 오차가 있다. 이 각도의 변화를 지축의 기울기라 하고 이 때문에 태양이 비치는 각도와 시간이 계절에 따라 달라진다. 이 각도는 지구의 적도 선에 서있는 관측자가 지면과 정오의 태양 간에 이루는 각도를 측정하여 춘분, 추분 시와 달라지는 각도를 말하며, 북반구 측이면 +, 남반구 측이면 -로 나타낸다.

여름인 6월 21일 하지 때 북반구 지역에서 최댓값인  $23^\circ 45'$ 를 갖고 겨울인 12월 20일 동지에 최솟값인  $-23^\circ 45'$ 의 값을 갖는다.

일반적으로 지축의 기울기는 도(度°)단위로 표시하고

$$\delta = \left(23 + \frac{27}{60}\right) \sin\left(\frac{360d}{365.25}\right)$$

로 나타낸다.

$\delta$  : 지축의 기울기

$d$  : 춘분으로부터 지난 날수(춘분 : 북반구의 춘분)

태양이 비치는 시간은 지축의 기울기와 지구상 위도의 함수로 나타낸다.

$$Z = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan\phi \tan \delta)$$

$z$  : 해가 비치는 시간

$\delta$  : 그 지역의 지축의 기울기

$\phi$  : 그 지역의 위도

지표에 관계없이 태양에너지의 수량적 처리를 위해서는 태양상수가 이용되는데, 그것은 태양 권을 벗어나서 지구 쪽으로 오는 빛의 강도를 정량적으로 표시하는 수치이다.

태양상수는 사실 시간에 따라 약간 다르다. 가령 태양에 큰 폭발이 있을 때와 조용할 때 그 복사량이 달라진다. 그러나 대체적으로는 변화가 적고 측정에서 오차 범위에 들어 갈 정도이기 때문에 이를 상수로 취급한다.

태양상수는 지구상에 대기가 없는 것으로 가정하고 태양빛에 직각이고 태양의 평균거리에 있는 지구의 단위면적에 비치는 태양복사에너지로 정의하고 1970년 Melbourne의 ISES(International Solar Energy Society)회의에서 채택한 값은  $1,373 \text{ W/m}^2 \pm 1.5\%$ 였다. 이 값은 9개 측정지역으로부터 측정한 값을 평균한 값으로 convair 990, balloons, X-15 aircraft, Mariner Mars Probe 등에서 1967년부터 1970년 사이에 행해졌다.

또 태양 스펙트럼의 분포에 따라 그 강도가 다르기 때문에 에너지가 다른데 크게 3가지로 구분해서 자외선( $0.115 \mu \sim 0.405 \mu$ )과 가시광선( $0.405 \mu \sim 0.740 \mu$ ) 및 적외선( $0.740 \mu \sim 5.000 \mu$ )으로 구분해서 살펴보면 자외선 쪽이 9.293%, 가시광선 쪽이 41.47%이고 나머지는 적외선 쪽으로 49.231%가 됨을 알 수 있다.

그런데 적외선 중  $0.740 \mu \sim 5.000 \mu$ 까지가 48.743%이고 나머지는 그 보다 긴 파장에서 나타난다. 이상은 대기권 밖에서의 측정 데이터이고 대기권에 들어오면 여러 가지 조건에 의하여 태양복사에너지가 달라진다.

시간에 따라 아침에는 약하고 점점 강도가 커져 정오에 최고로 강하고 또 다시

약해져서 저녁에는 다시 0이 된다. 아침과 저녁으로 빛의 강도가 약해지는 것은 대기층이 낮에 보다 두꺼워서 상당량의 빛이 도중에 흡수되기 때문이다. 구름이 끼는 때나 먼지가 나는 때도 대기 중의 물 분자나 먼지가 많은 빛을 흡수 또는 산란, 반사시키기 때문이다. 일단 빛이 대기층에 흡수되었다가 지상으로 복사하는 빛을 확산(擴散, Diffused)된 빛이라 하고 대개 한 낮에 지평선에서 측정된 총 에너지의 16%쯤 된다.

그리고 오후가 되어 5시쯤 되면 총 복사에너지의 25%가 확산된 빛이 된다. 이 값은 한 여름의 데이터이며, 겨울에는 대개 공기가 맑고 또 날씨가 차면 대기 중의 먼지입자나 수증기가 땅으로 가라앉아 확산된 빛이 작아진다.

만일 확산 복사의 분포가 대기 중에 균일하다면 평면에 오는 확산 복사량에 비교한 경사진 면에 오는 확산 복사량을 이론적으로 계산할 수 있다.

$$\frac{D_i}{D_o} = (1 + \cos b)/2 = \cos^2 \frac{b}{2}$$

$D_o$  : 평면에 오는 확산 복사량

$D_i$  :  $b$ 라는 각도로 경사진 면에 오는 확산 복사량

$b$  : 지면과 이루는 경사면이 이루는 각

반사된 복사, 특히 지상이나 주위의 물체에서 복사된 빛은 대개 무시되나 수직면에서의 총 복사열의 8%까지가 지상에서 반사된 복사열이 차지한다고 한다.

물론 각도가 60도 이하일 때에는 무시할 수 있다.

대기의 탁도(Turbidity)도 무시할 수 없는 태양복사의 장애요인인데 특히 도심 지역에는 작은 먼지 입자가 많아 공해를 자아내고 복사를 차단하는 큰 역할을 한다.

탁도는 대기 중의 Aerosol들 때문이며, 탁도  $\tau_a = 0.35$  정도면 도시의 탁한 지역을 말하며  $\tau_a = 0.05$  정도면 시골의 맑은 공기지역을 의미한다.

또 태양 복사 강도를 다루는데 중요한 Parameter는 여러 가지 지상 표면의 반사도이다. 이것은 표면 반사율(Albedo,  $a_g$ )이라고 하며, 이 값은 전 표면이 균일하다는 가정을 해야 하고 또 Air Mass와 Zenith Angle  $Z$ 에도 Table.1과 같은 함수관계가 있다.

Table.1 The Albedo of various surfaces at various solar elevations

Degree Surface	15°	30°	60°	90°
Fresh snow	0.80	0.75	0.71	0.70
White sand	0.68	0.65	0.61	0.60
Old snow	0.80~0.50	0.75~0.40	0.71~0.35	0.70~0.35
Desert sand	0.45	0.30	0.25	0.25
Dry Glassland (semi desert)	0.30	0.23	0.16	0.16
Eucalypt forest	0.27	0.19	0.15	0.13
Smooth sea	0.18	0.08	0.05	0.03

총 태양 복사에너지의 계산

a) Sunshine hours를 이용하는 방법, Masson(1966)

$$H = 60 + (1406.2S^2 + 7426.6S)^{1/2}$$

H : Langleys per day, on horizontal plane

S : Sunshine hours per day

Langley = 1 cal/cm<sup>2</sup>

$$= 3.7 \text{ BTU/Ft}^2$$

b) Ratio of sunshine hours to length of day를 이용하는 방법

Angstrom이 처음 이용(1924)

$$H = H_0'(A' + B'S/Z)$$

A'B'는 임의 상수로서 Friz(1951)에 의하면

$$A' = 0.35$$

$$B' = 0.61$$

$H_0'$  : 월 평균 평면상 태양 복사 에너지 즉 일사량( $W/m^2$ )

S : Sunshine hours

Z : Length of the day in hours

c) Angstrom's equation을 사용하고 한두개의 Parameter를 적용한 Remett의 식

① Canada의 6월과 12월

$$H_6 = H_0 (311.6 + 4.94S)$$

$$H_{12} = H_0 (194.8 + 7.85S)$$

$H_0$  : 1.98 g/min

S : monthly mean daily percentage of possible Sunshine

② North America의 6월과 12월

$$H_6 = H_0 (314.0 + 4.22S + 0.0144h)$$

$$H_{12} = H_0 (128.1 + 7.20S + 0.0144h)$$

h : Station elevation in feet

③ 미국의 태양열 복사식

$$H/H_0 = A + BS + Ch$$

A : 4월 188에서 8월 291까지 변함

B : 8월 3.768에서 4월 5.574까지 변함

C : 7월 0.00130에서 12월 0.0276까지 변함

d) Swartman과 Ogunlade의 Diffused light ratio D와 Relative humidity R을 사용한 3 식

$$H = 490 D^{0.357} R^{-0.262}$$

$$H = 460 e^{0.607(D' - R)}$$

$$H = 464 + 265 D' - 248R$$

e) Sayigh 식<sup>(22)</sup>

$$H = NK \exp \{ (S_1 - R/15 - T/T_{\max}) \}$$

$$N : 1.7 - 0.458 \phi$$

$\phi$  : Latitude in radian

$$S_1 = \frac{S}{Z}$$

$$Z = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta)$$

$$\delta = 23 + \frac{27}{60} \sin\left(\frac{360d}{365.25}\right)$$

Solar angle in degree

d : 춘분이 지난 날 수

$$K = 100(\lambda_z + \psi_{if} \cos \phi) \text{ gm-cal/cm}^2/\text{day}$$

$$\lambda = 0.2/(1+18\phi/\pi)$$

$\psi_{if}$  : Relative humidity Factor (25000 ~ 3100kcal/m<sup>2</sup>/day)

일사량의 측정은 태양을 비롯한 대기 중으로부터 수평면에 도달하는 일사량을 측정하는 전천 일사계와 직접 태양으로부터만 도달되는 일사량을 측정하는 직달 일사계의 두 종류가 있다.

가장 널리 사용되는 것은 전천 일사계이며, 보통 1시간이나 1일 동안의 적산 값을 측정한다.

흔히 쓰이고 있는 전천 일사계는 열전쌍을 이용한 에플리 일사계와 바이메탈을 이용한 로비치 일사계가 있다.

직달 일사계는 기다란 원통 내부의 한 끝에 붙은 수감부 쪽으로 태양광선이 직접 들어오도록 조절하여 태양복사를 측정한다.

측정값은 보통 1분 동안에 단위 면적( $\text{cm}^2$ )에서 받는 cal로 표시하거나 또는  $\text{cm}^2$ 당 kWh로 나타낸다.

## 2.1.1 우리나라의 일사량

한국에너지 기술연구소에서 나온 통계자료에 따르면 우리나라 전국의 연평균 수평면 전일사량은 1일  $12723 \text{ kJ/m}^2$  ( $3040 \text{ kcal/m}^2$ ) 정도이다.

일사량이 많은 지역은 태안반도 일대와 중서부 남해안 지역, 그리고 안동 및 영주 분지 등이 전국에서 가장 좋은 것으로 나타난다.

반면 김해평야 일대와 서울 중부지방은 좋지 않는 것으로 나타나며, 의외로 제주도 지역의 일사조건이 상대적으로 좋지 않음을 보이는데, 이는 남쪽에 위치하고 청정한 지역인 섬 임에도 불구하고 우리나라 기후특성상 잦은 강우에 의해 연평균 수평면 전일사량이  $17520 \text{ kJ/m}^2/\text{day}$  ( $2950 \text{ kcal/m}^2/\text{day}$ )로 전국의 평균일사량 이하이다.

서울지방의 일사량은 대기오염으로 인한 스모그 발생 등으로 일조율이 떨어져 연평균일사량이 특히 낮게 나타나는 것은 당연한 것으로 보인다.

에너지 기술연구소의 전국 계절별 일평균 수평면 전일사량 자원분포 자료를 보면 해안 및 도서지방은 내륙에 비해 여름철에는 상대적으로 일사량이 높으며, 겨울철에는 낮게 나타나고 있다.

우리나라의 수평면 전일사량 자원에 대한 계절별 일사량 분포의 특성을 보면 봄철과 가을철의 경우에는 대체로 해안지방이 내륙지역보다 좋으며, 여름철에는 전국이 고른 분포를 나타내는 반면에 겨울철에는 남해 일원의 일사량이 타 지역에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타난다.

봄철과 여름철은 연평균일사량보다 각각 24%, 22%로 높게 나타나는 반면 가을철과 겨울철의 일사 조건은 각각 11%, 34%정도가 연평균치보다 낮은 것으로 나타난다.

대규모 공단이 위치한 지역에서는 일사량이 낮게 나타나는데, 타 지역의 경년변화에 따른 감쇄현상보다 상대적으로 큰 일사감쇄현상은 이 지역에서의 대기 오염도에 근거한다고 볼 수 있다.

이용 가능한 태양에너지 잠재량은 이와 같은 평균일사량과 함께 각 시점의 대기 상태에도 영향을 많이 받는데, 이는 일사율(Extraterrestrial Ratio : ETR)과 일조율에 의해 분석될 수 있다.

일사율이란 대기권 밖에서 측정된 태양복사에너지의 값에 대한 수평면 전 일사



량, 즉 실제로 대기를 통과하여 지표에 도달한 복사에너지 값의 비율이다. 따라서 대기 중에서 산란되어 태양광 발전에 쓰일 수 없는 복사에너지 손실정도를 추정할 수 있다. 일반적으로 총 복사에너지 중 대기에서 약 30%정도가 반사되거나 산란된다고 추정하고 있다. 국지적으로 대기오염이 심각한 상태의 지역에서는 복사에너지의 감소가 20~25%로 비교적 깨끗한 농촌지방 등에 비해 그 감소량은 가시광선의 복사가 약 1/2, 자외선의 복사는 약 2/3 정도에 달한다.

일조율은 일출부터 일몰까지의 시간 중 구름에 가리지 않고 실제로 태양이 비치는 시간의 백분율이다. 전국의 연평균 일조율은 50.2 % 이며, 계절별로 최고 58.3 % (10월), 최저37.0 % (7월)로 7월만 제외하면 큰 편차가 없는데 하기의 일조율이 낮은 것은 장마로 인한 운량의 증가 때문으로 평가된다.

## 2.1.2 외국의 일사량

국내외 전 일사량을 서로 비교하여 보면 우리나라의 연평균 1일 일사조건은 일본의 중부지방과 거의 비슷한 경향을 보인다.

미국의 대부분의 지역은 우리나라보다도 높음을 보이며, 그 중에서도 특히 남부와 서부지방은 매우 높게 나타나고, 동부지방과 북부 및 중부지방은 우리나라보다 다소 높게 나타난다.

그 외에 적도지방에서는 우리나라보다도 상당히 높게 나타나며, 대조적으로 극지방에서는 매우 낮게 나타난다.

Table.2 The comparison solar radiation ratio average at staple national  
Korea Institute of Energy Research

(unit: kcal/m<sup>2</sup>.day)

Country \ Season	Spring	Summer	Autumn	Winter	Average of Year	increase & decrease
Korea	3768	3703	2701	2004	3044(A)	
	1.24	1.22	0.89	0.66	1.00	
Japan (the middle part)	3691	4105	2578	1921	3052(B)	B/A=1.00
	1.21	1.32	0.84	0.63	1.00	
America(the eastern part)	3919	5101	2630	1380	3258(C)	C/A=1.07
	1.20	1.57	0.81	0.42	1.00	
America(the Western part)	5917	5936	3782	2760	4599(D)	D/A=1.51
	1.29	1.29	0.82	0.60	1.00	
America(the Southern part)	5930	6830	4530	3220	5128(E)	E/A=1.68
	1.16	1.47	0.84	0.54	1.00	
America(the Northern part)	4763	2390	2743	1867	3666(F)	F/A=1.20
	1.30	1.44	0.75	0.51	1.00	
America (the Middle part)	4223	5380	3067	1933	3651(G)	G/A=1.20
	1.16	1.47	0.84	0.54	1.00	
Congo (Yangami)	4773	3700	4137	4107	4104(H)	H/A=1/35
	1.09	0.90	1.01	1.00	1.00	
Senegal (Deker)	6263	5160	4550	4893	5217	I/A=1.71
	1.20	0.99	0.87	0.94	1.00	
India (Calcutta)	7553	8110	6087	5500	6813(J)	J/A=2.24
	1.11	1.19	0.89	0.81	1.00	
sweden (Stockholm)	3253	4697	1290	417	2414(K)	K/A=0.79
	1.35	1.95	0.53	0.17	1.00	

계절적으로 보면 연 평균치에 대한 각 계절별의 비율은 우리나라와 일본의 중부 지방, 그리고 미국의 서부지방이 모두 서로 유사한 비율로 나타난다.

그러나 적도지방에서는 연 평균치에 대한 각 계절별 비율이 서로 크게 차이 나지 않는 반면 극지방에서는 각 계절별 비율이 서로 크게 차이를 보인다.

벨기에의 브르셀 등 북부 유럽에 위치한 나라들은 태양에너지의 자원이 우리보다 빈약하다.

그러나 이러한 나라에서도 재생가능에너지로서 태양에너지에 대한 개발과 연구가 활발하게 진행 또는 보급 중임은 태양에너지의 활용가능성을 높여 주는 근거로 볼 수 있다.<sup>(23)</sup>

## 2.2 증발이론

지표면에 떨어지는 강수량의 많은 부분은 증발, 증산 및 승화현상에 의해 대기 중으로 되돌아가게 된다.

이들 세 가지 현상은 수분 순환과정을 반복시키는 태양열에너지에 의한 것이다.

증발현상(Evaporation)은 수면 혹은 습한 토양표면의 물 분자가 태양이 방사하는 열에너지를 얻어 액체 상태에서부터 기체 상태로 변환하는 과정을 말하며, 물 1g의 증발에 소요되는 열량은 약 2260 kJ (540 cal)정도로서 태양복사열에 의하거나 혹은 수면아래에 저장되어 있는 에너지로부터 공급되는 것이다.

물은 또한 동물이 생명을 유지하기 위해 필수적인 존재일 뿐만 아니라 식물이 탄소동화작용을 하는데 필요불가결한 요소로서 식물의 입면을 통해 지중의 물이 수증기의 형태로 대기 중에 방출된다. 이 현상을 증산(Transpiration)이라 하며 증발과 증산에 의한 물의 수증기화를 총칭하여 증발산(Evapotranspiration)이라고도 한다.

지구전체에 대하여 생각하면 증발산의 총량은 강수량의 총량과 같아야 하기 때문에 증발산은 지역적인 견지에서 본 물의 손실이라고 볼 수 있으며, 지구전체의 연 강수량과 연 증발산량은 약 1000mm로 알려져 있다.

물 순환과정의 구성요소 중의 하나인 증발 및 증산과정은 수자원개발을 위한 계획의 수립과 수자원 시스템의 운영 면에서 대단한 중요성을 갖는다고 하겠다.

즉, 수자원을 개발하고자 하는 지점에서의 가용수자원 중 순수하게 이용가능한 양을 추정하기 위해서는 증발량의 산정이 필요한 것이며, 이는 단기간 보다는 비교적 장기간동안의 수자원의 양적인 손실정도를 판단하는 기준이 된다.

비교적 짧은 기간 동안에 발생하는 호우시의 증발산율은 포화증기압과 실제증기압의 차가 크지 않아 강우강도에 비해 대단히 작으므로 호우기간 중의 증발산량은 거의 무시할 수 있다.

이렇게 볼 때 증발 및 증산은 이수측면에서 대단히 중요한 고려사항이나 치수측면에서는 무시하더라도 별문제가 없는 과정이라 할 수 있다.

증발현상은 공기와 수증기의 혼합체가 포화상태에 도달할 때까지는 계속되며 증기압에 영향을 미치는 인자가 곧 증발현상을 지배하는 인자들로서 물과 공기의 온도, 바람, 상대습도, 대기압, 수질 및 수표면의 성질과 형상이 이들에 속한다.

지표면으로부터의 증발량은 지표면에 접한 대기 중의 수증기량이나 풍속의 연직 분포, 바람의 흐트러짐, 기온, 일사량, 지표면의 상태, 땅속으로부터의 수분 보급 상태 등 여러 가지 요인에 지배된다.

증발량은 다음 두 가지 공식에 의해 산출된다.

- Russel의 식

$$E(\text{증발량}) = 30 \times \{A P \omega + B(P \omega - P_a)\} / b$$

$P \omega$  : 월평균 습구온도계의 시도에 대한 증기압

$P_a$  : 월 평균 노점에 대한 증기압

$b$  : 기압계의 시도

$A$  : 상수(1.96)

$B$  : 상수(43.9)

- Trabelt의 식

$$V(\text{증발속도}) = C \times (P_o/P) \times (F-f) \times (T/T_o) \times v$$

$C$  : 측기, 기타로 인하여 결정되는 상수

$P$  : 기압

$P_o$  : 표준기압

$T$  : 공기의 절대온도

$F$  : 수면의 온도에 대한 포화증기압

$f$  : 증기압

$v$  : 풍속

지구의 전체 표면에 대해 연간 증발량과 강수량을 계산한 보고에 의하면 해양으로부터의 증발량은 334,000km<sup>3</sup>, 해양에의 강수량은 297,000km<sup>3</sup>, 하천으로부터 해양으로의 유입량은 37,000km<sup>3</sup>, 하천과 호수로부터의 유입량은 62,000km<sup>3</sup>, 지면과 하천 및 호수에의 강수량은 99,000km<sup>3</sup>로 나타난다.

증발량을 측정하기 위한 증발계에는 여러 가지가 있으나 우리나라에서 사용하고 있는 것은 지름 20cm, 높이 10cm로 위에는 새들이 앉아서 물을 먹거나 분을 떨어뜨리지 못하게 갓을 씌운 작은 원통이다.

매일 20mm씩 물을 넣고 1일 1회 측정한다. 이것으로 얻은 증발량의 약 60%정도가 넓은 수면에서의 증발량과 같다.

식물의 입면으로부터 증발하여 대기 속으로 환원되는 엽면 증발량은 측정하기가 곤란하며 대단히 불확실한 것이다.

엽면 증발을 좌우하는 것은 기상요소 외에도 햇빛과도 관계되며 식물의 종류에 따라서 큰 차이가 있다.

식물이 있는 지면에서 엽면 증발을 합한 것, 즉 소비수량(Consumptive use)의 대체적인 값은 1년간에 침엽수는 100 ml, 관목류는 150 ml, 활엽수는 200 ml, 밭과 잡초지에서는 230~380 ml, 논에서는 400 ml를 초과한다고 한다.

## 제 3 장 실험장치 및 실험방법

### 3.1 실험장치

실험 장치는 Fig.1과 같이 저수부, 증발부, 측정부로 구성되어 저수부는 육면체의 하부로 시수를 사용하였으며 증발부는 저수부 상부로 강화유리를 사용하여 증발 후 응축수가 유리의 하부를 흘러 내려 고일 수 있도록 전면에 경사진 홈을 만들었고, 옆면에는 구멍을 뚫고 호스를 달아 응축된 물의 양을 측정할 수 있도록 하였다.

온도는 T Type 지름 0.27 mm의 thermocouple을 사용하였으며, 상부와 유리 표면과 수온을 측정할 수 있도록 측정개소는 유리표면, 저수부 밑바닥, 수면, 수면위 5 cm, 그 위로 30 cm 간격으로 벽면 쪽에 각각 설치를 하고 외부온도를 측정할 수 있도록 실험조 바깥 한곳에 설치를 하여 총 26개소에 설치를 하여 온도를 측정하였으며, Photo.2와 Photo.3과 같이 YOKOGAWA사가 제작한 Data Acquisition unit(DA100)과 Computer를 사용하여 측정하였고 일사량은 일사량계를 설치하여 측정하였다. 단열을 유지하도록 50 mm 의 단열재를 사용하였고 그 외부를 두께 2.5 mm 의 합판으로 씌운 후 FRP(Fiberglass Reinforced Plastics)를 사용하여 내부를 씌워 경사각에 따른 응축수량을 측정하고 분석하기 위하여 경사각을 각각 15° , 30° , 45° , 60° 로 하여 4개를 제작하였다.





Photo. 1 Experimental Apparatus

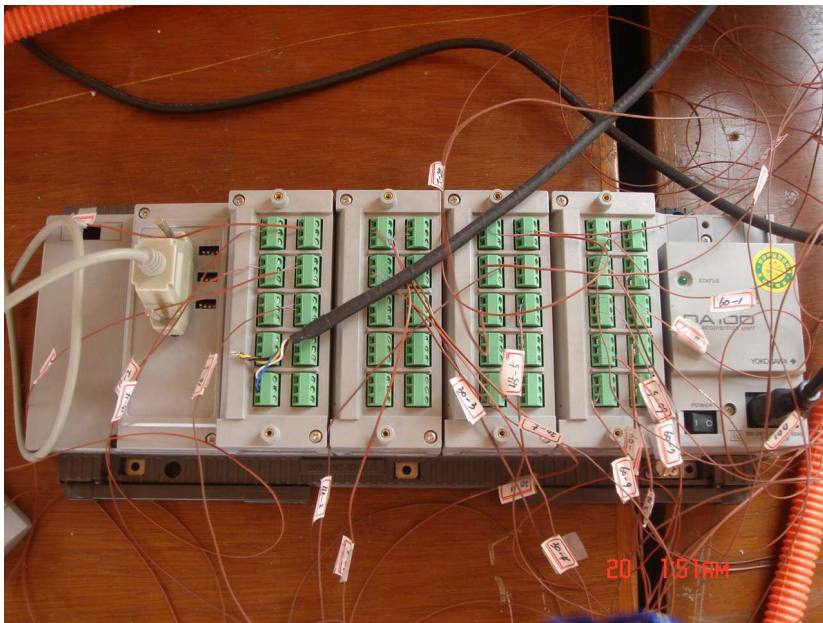
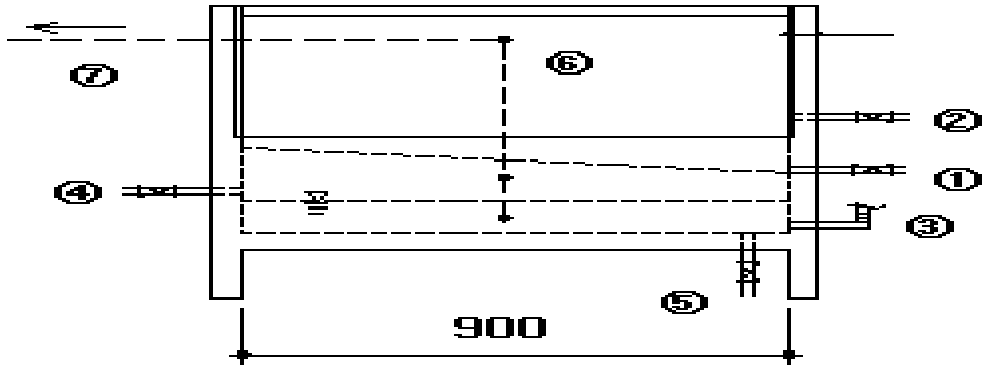


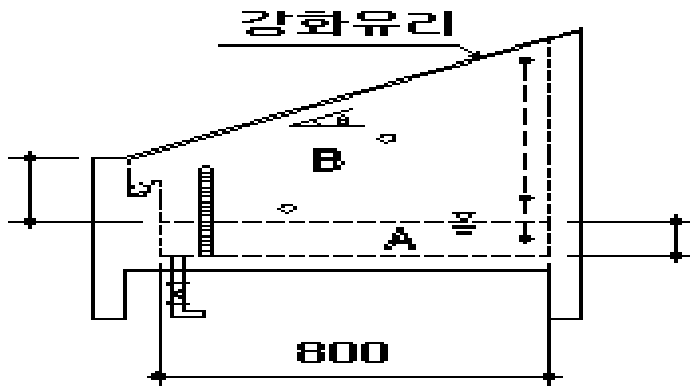
Photo. 2 Data Acquisition Unit



Photo. 3 Collection of Condensed Water



정면도



우측면도

No	Part's name	Remark
1	Over flow pipe	1/2"
2	Water supply pipe	1"
3	Water gauge	150mm(hight)
4	Condensation water pipe	ml
5	Drain pipe	1/2"
6	Thermocouple	$\phi 0.27\text{mm}$
7	Personal computer	

Fig. 1 Experimental Apparatus

## 3.2 실험순서 및 방법

실험 시 구조에 따른 시간과 날씨에 따른 영향을 최소화하기 위하여 저녁에 시수를 넣은 후 자정부터 실험을 시작하여 각 곳의 온도, 일사량과 응축수량을 측정하고 분석하였다.

온도는 소수점 1자리까지의 온도를 측정하였으며 실시간으로 온도변화를 모니터로 확인하고, 2분 간격으로 컴퓨터에 자료를 저장하여 그 결과를 분석하였다. 2분 간격으로 입력된 데이터를 시간별로 합산 평균하여 표 및 그림으로 표현함으로써 비교 분석할 수 있도록 하였다. 내부에서 발생할 수 있는 압력을 측정하기 위해 저압측정용 Manometer를 장치의 상부에 부착하였으나 그 압력차가 극히 적어 고려하지 않았다.

시수를 4개의 장치에 같은 시간엔 720리터를 동일하게 채워 실험하였고 실험 장치로부터 발생된 응축수는 각각 호스를 따라 내려와 증발을 막기 위해 뚜껑을 밀봉한 Photo. 3의 1000ml 메스실린더에 받아 시간당 발생되는 응축수량을 1ml범위까지 측정한 후, 10000ml의 물통에 각기 보관하였다가 일일 발생 총량을 측정하였다

## 제 4 장 실험결과 및 고찰

우리나라는 중위도의 온대에 위치하여 지역적인 다양성과 함께 계절적 변화에도 다채로운 추이를 볼 수 있다. 기온의 측면에서 대륙성기후이며 강수나 바람에서는 몬순(계절풍)기후로 규정할 수 있다.

봄의 날씨는 시베리아 기단이 점차 약해지면서 나온 이동성 고기압과 그 뒤를 이은 이동성 저기압이 2~3일 간격으로 동진해 오면서 변덕스러운 날씨가 나타나는데 이동성 고기압이 지날 때는 화창한 봄 날씨를 보이고 이동성 저기압이 지날 때에는 궂은 날씨가 나타난다. 시베리아 고기압이 일시적으로 강화되기도 하여 꽃샘추위가 나타나기도 하며 이동성 고기압이 장시간 정체하거나 연이어 통과하여 봄가뭄이 일어나며, 중국의 화북이나 몽고 지방에서 상승기류를 타고 황사가 날아오기도 한다. 여름은 태평양으로부터 무덥고 습기가 많은 남동풍과 남서풍의 영향으로 전국적으로 기온이 높아진다. 장마가 시작하는 6월부터 8월까지의 우기엔 평균 연간 강수량 중 60%이상이 집중적으로 내린다. 가을에는 북태평양 기단이 약화되어 장마전선의 남하로 초가을 장마가 나타나며 장마 전선이 완전히 제주도 남부로 내려가면 대륙 내부에는 고기압이 형성되어 이 고기압에서 나온 이동성 고기압의 통과로 청명한 날씨가 나타난다. 저기압의 통과로 늦가을 비가 내리면 기온이 점차 낮아지고 대륙의 고기압은 점차 확장되어 겨울로 들어서게 된다. 겨울에는 시베리아로부터 차갑고 건조한 북서풍이 불어오기 때문에 남북의 기온차가 매우 크고 삼한사온 현상이 나타난다.

따라서 가뭄이나 홍수가 자주 발생하여 물이 부족하거나, 필요한 5월부터 9월까지 날씨가 주된 분석의 대상이 되며 이를 중심으로 이에 대한 일사량과 함께 증발에 따른 응축수량을 분석 하였다.

본 실험은 2007년 5월부터 2008년 10월까지 실험한 데이터를 바탕으로 연구 분석하였다.

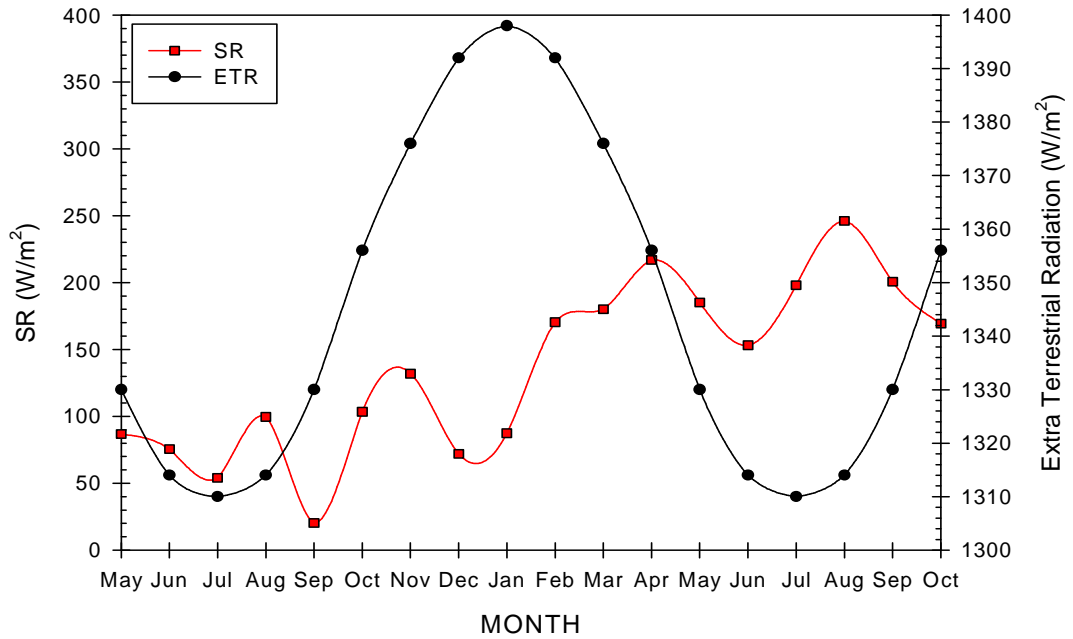


Fig. 2 The Solar Radiation and the Extra Terrestrial Radiation

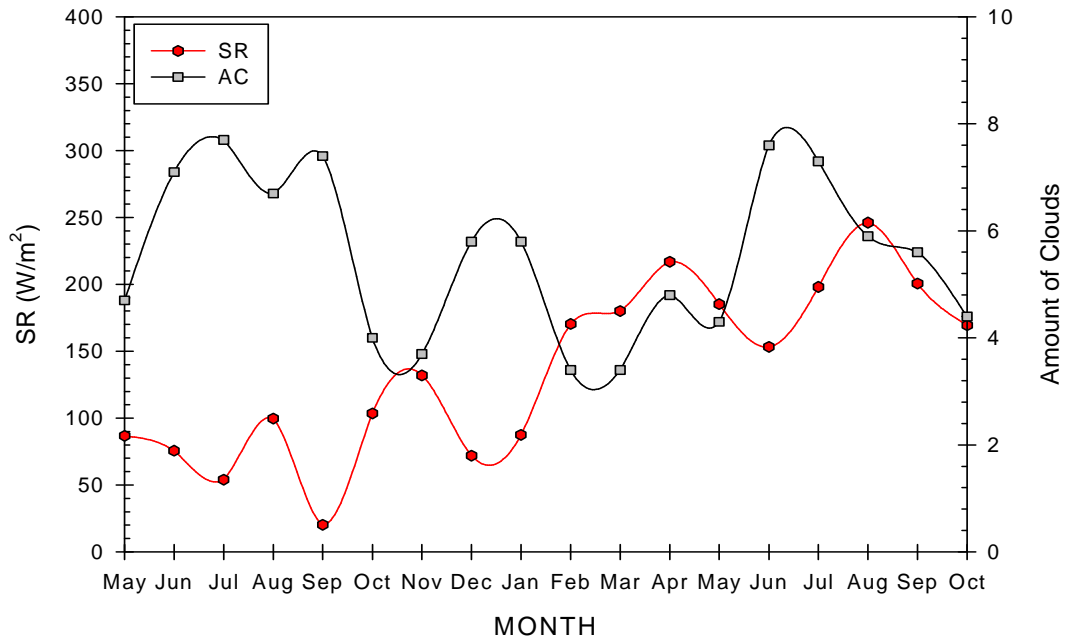


Fig. 3 The Solar Radiation a Monthly Average and the Amount of Cloud

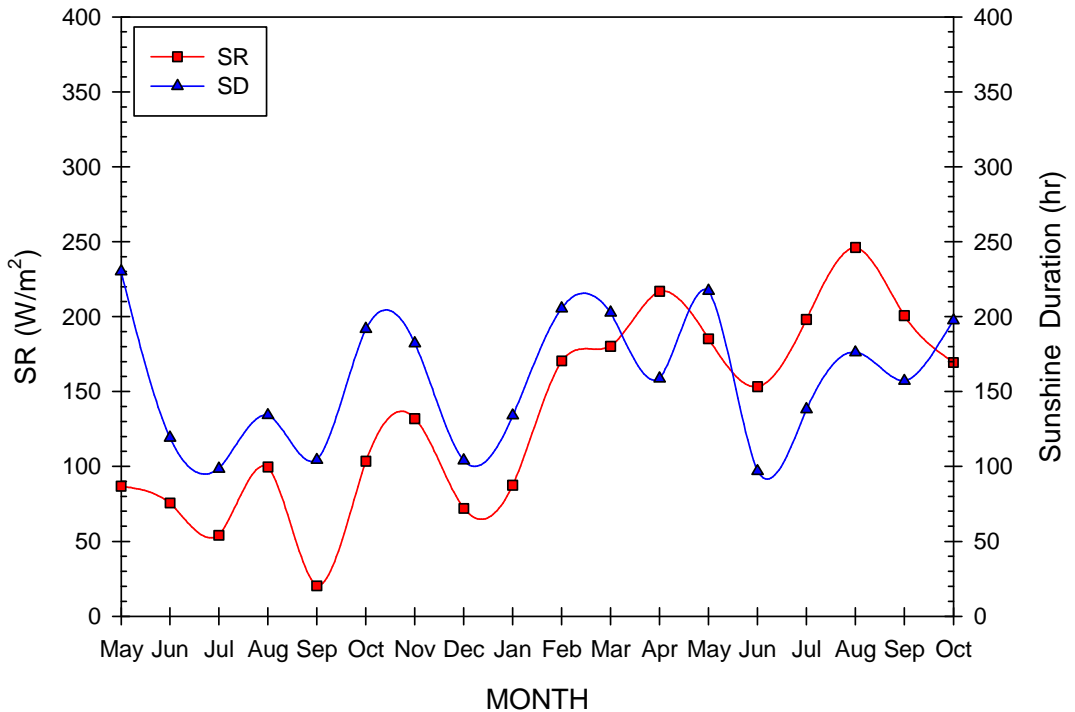


Fig. 4 The Solar Radiation of a monthly average

Fig 2는 일사량과 지구 밖의 일사량을 나타내는데 일사량은 지구 밖의 일사량과는 연관성이 작은 것을 나타내고 있다

Fig. 3은 광주 지방 기상청에서 측정한 구름의 양과 실험한 곳에서 측정한 일사량과의 관계를 나타내는데 운량은 하늘 전체에 대해 구름이 덮은 양을 나타낸 것으로서 구름이 전혀 없는 것을 0, 구름이 짙을 때를 10으로 표시한다. 눈대중으로 관측한다. 밤에는 별이 보이지 않으면 구름이 덮인 것으로 간주한다. 운량과 일사량과는 반비례의 관계를 나타낼 수 있다.

Fig. 4는 광주 지방 기상청에서 측정한 일사시간(합계)과 실험 장소에서 측정한 일사량과의 관계를 나타내는 그래프인데 서로 비슷한 관계를 나타낼 수 있다. 일사량 측정이 조금 낮은 것은 장소의 차이와 복사열등의 값이 고려되지 않았기 때문이다.

## 4.1 계절적 특성에 따른 응축수량

### 4.1.1 봄

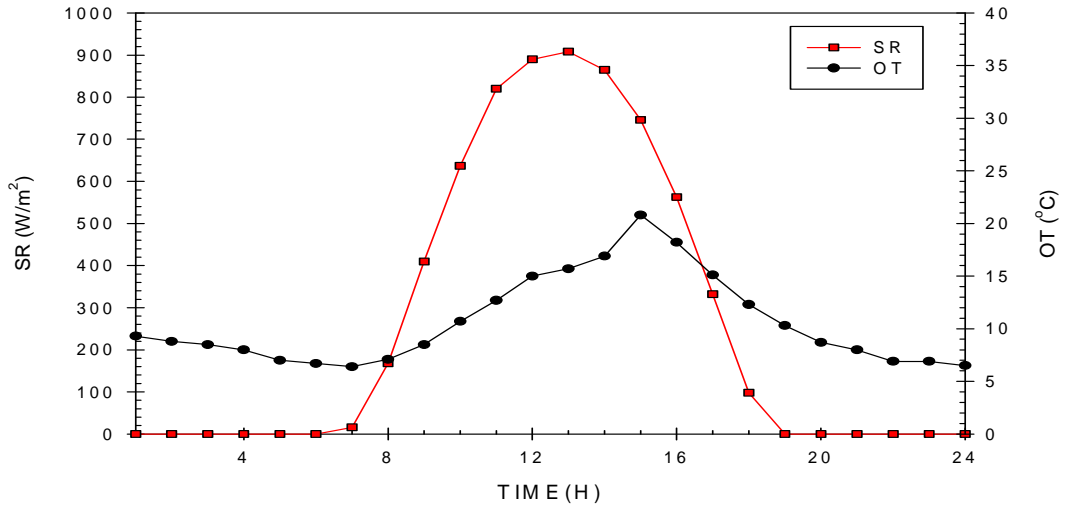


Fig. 5 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day (2008.03.14)

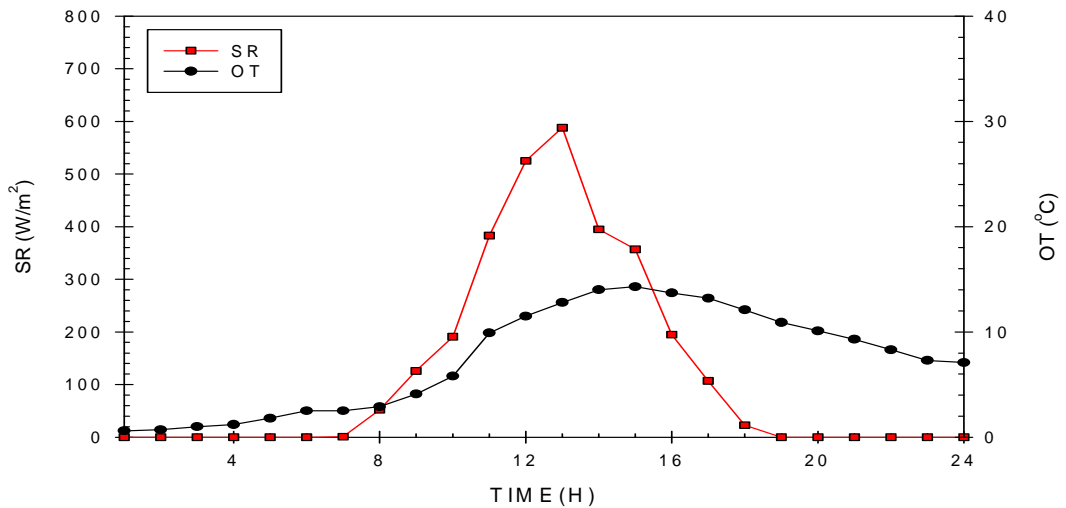


Fig. 6 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Yellow Dust Day (2008.03.02)



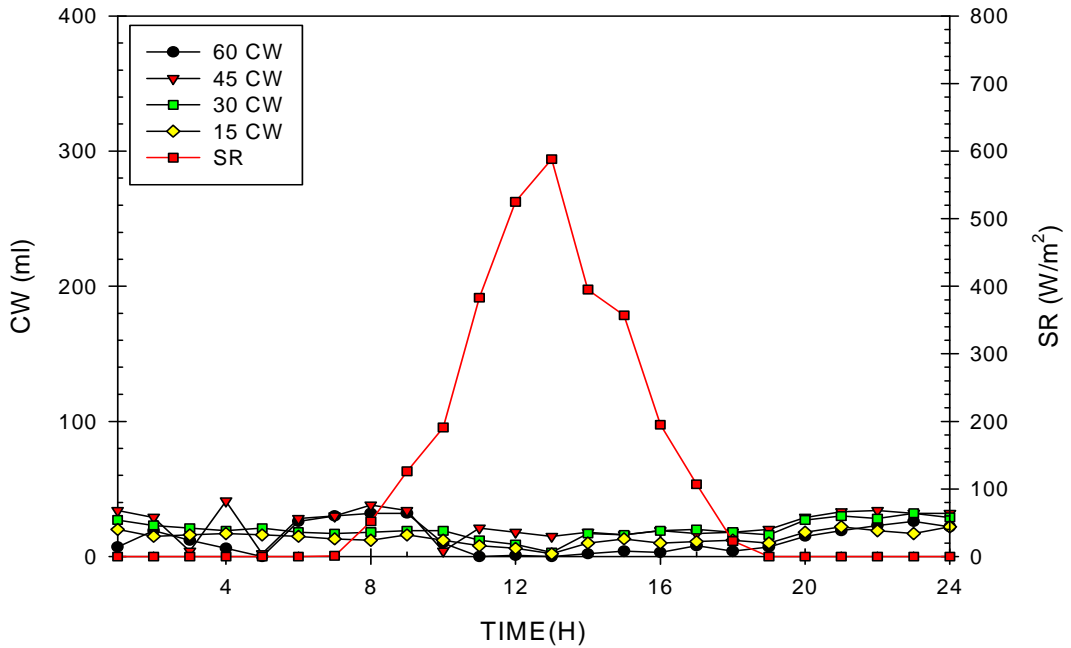


Fig. 7 The Condensed Water and the Solar Radiation on Yellow Dust Day (2008.03.02)

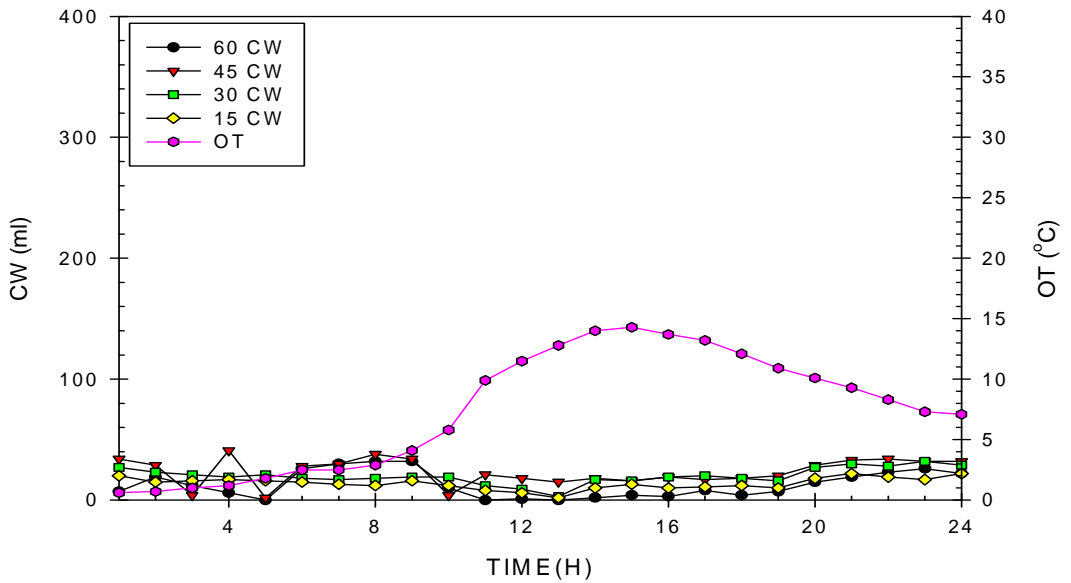


Fig. 8 The Condensed Water and the Outside Temperature on Yellow Dust Day (2008.03.02)

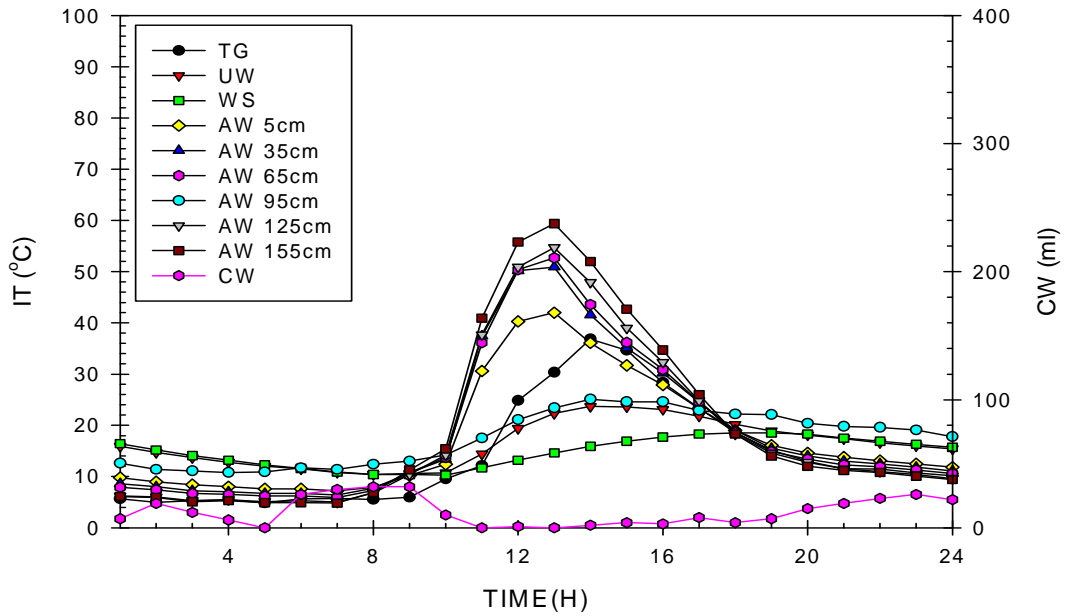


Fig. 9 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Yellow Dust Day (2008.03.02)

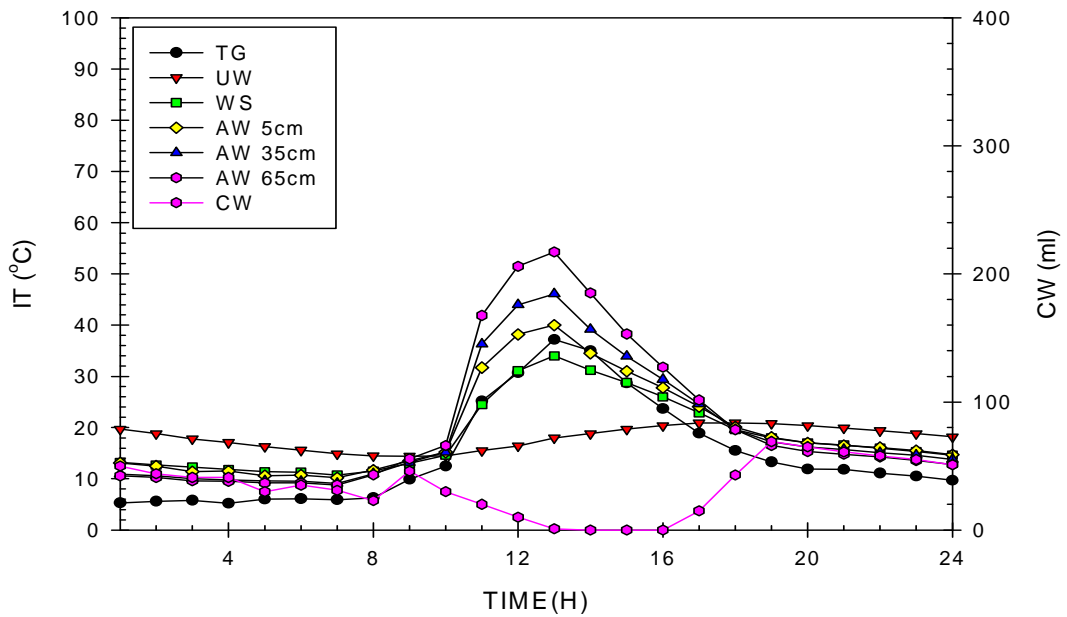


Fig. 10 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Yellow Dust Day (2008.03.02)

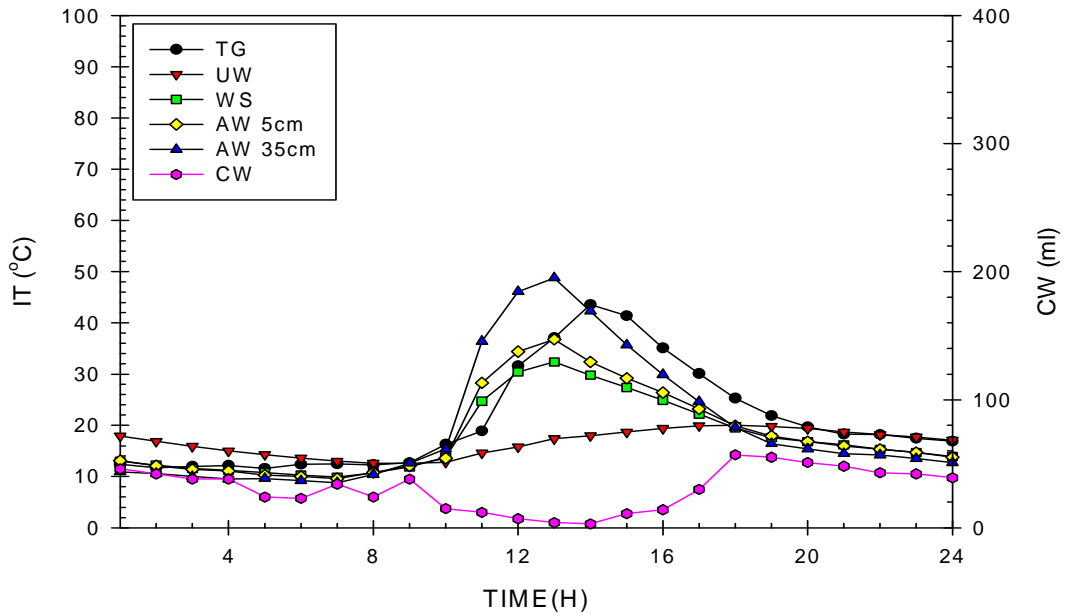


Fig. 11 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Yellow Dust Day (2008.03.02)

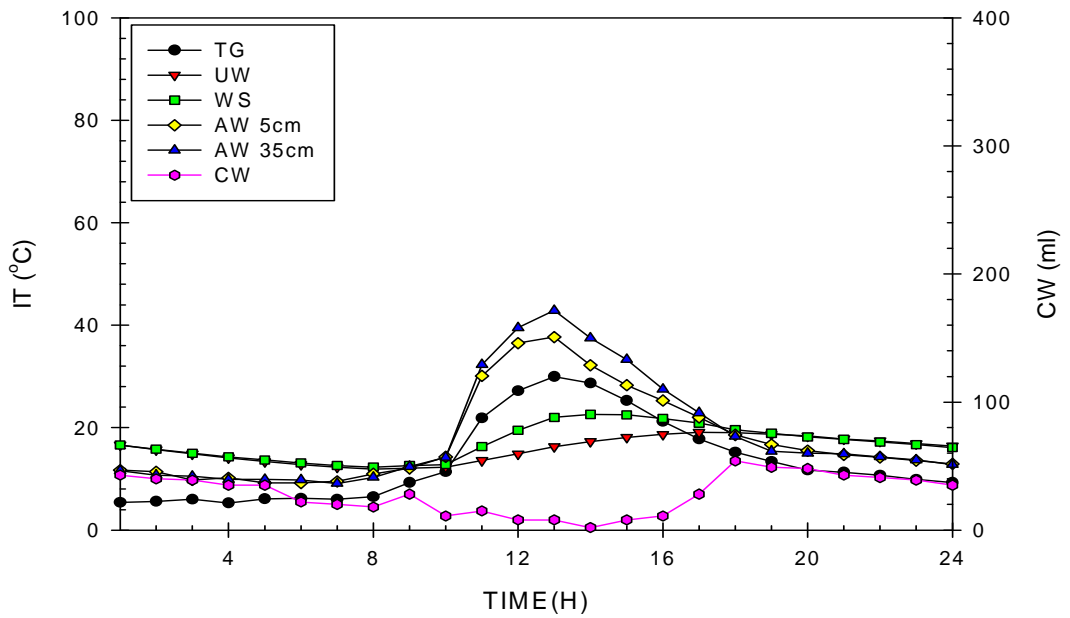


Fig. 12 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Yellow Dust Day (2008.03.02)

Fig. 5는 봄철 3월 맑은 날씨의 일사량과 외기온도와의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 일사량은 오전 5시부터 측정되어 급격히 증가하다 오후 1시경 최대치를 나타낸 후 급격히 감소하였고 오후 7시경부터는 거의 측정되지 않았다. 외기온도는 해가 뜨기 전까지 서서히 감소하다 일사량이 증가하는 시간대부터 증가하다 최대 일사량이 측정된 2시간 후에 최고온도를 나타내며 감소하였는데 이는 대기의 유동현상과 복사열에 의한 영향 때문이라 추정되며, 약 20℃가량의 큰 일교차를 보였다.

Fig. 6은 봄철 3월 황사가 있는 맑은 날 시간에 따른 일사량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 일사량은 오전 7시경부터 증가하기 시작하여 1시경에  $600 W/m^2$ 으로 최대가 되었으며 급격히 감소하기 시작하여 오후 6시경에 일사량은 거의 측정되지 않았다. 외기온도는 서서히 증가하기 시작하여 오후 2시경에 최고온도가 되었으며 서서히 감소하였으며 차츰 증가하는 현상을 나타내었다. 일사량의 최대치가 지난 약 2시간 후에 외기온도가 최대치를 나타내는 것은 대기에 의한 대류와 복사열에 의한 영향 때문으로 추정된다.

황사가 있는 날에는 황사가 태양의 빛과 열량은 흡수하여 다른 맑은 날보다 낮은 양이 측정되었으며 일교차도 크지 않았다.

Fig. 7은 봄철 3월 황사가 있는 맑은 날 시간에 따른 일사량과 응축수량의 관계를 나타낸 그래프이다. 일사량이 증가하는 시간대에는 응축수량이 서서히 줄어들어 일사량이 최대치를 나타내는 시간대에는 응축수량이 거의 생산되지 않았다. 일사량이 감소하기 시작하는 시간대에 응축수가 서서히 생성되다가 일사량이 거의 측정되지 않는 오후 6~7시 사이에 생성된 응축수량은 최대가 되었다.

Fig. 8은 봄철 황사가 낀 맑은 날씨의 시간에 따른 응축수량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프 이다. 외기온도가 서서히 증가하다가 일사량이 최대인 1~2시간 후에 최고온도를 나타내었고 외기온도가 증가하는 시간엔 응축수량은 서서히 감소하다 거의 생산되지 않았다. 외기온도가 줄어들기 시작하는 시간부터 응축수는 서서히 생산되었다.

Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12는 봄철 황사가 낀 맑은 날씨의 경사각이 60° 에서 높이에 따른 내부온도와 응축수량을 시간별로 나타낸 그래프이다. 해가 뜨기 전까지 내부온도와 생성된 응축수량은 서서히 줄어들었고 일사량과 외기온도의 상승이 시작되면서 내부온도도 상승하기 시작하였지만 생성되는 응축수량은 점차 줄어들어 내부온도가 최고온도가 된 후 3~4시간 까지 응축수 생산량이 거의 없다가 생산량이 점차 상승하였다.

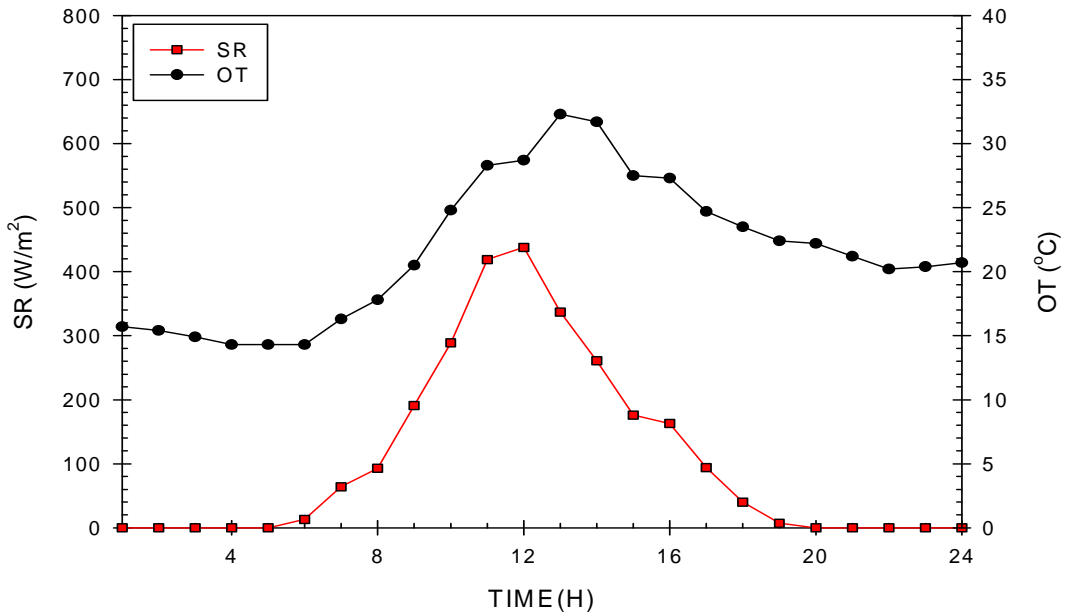


Fig. 13 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day (2007.05.05)

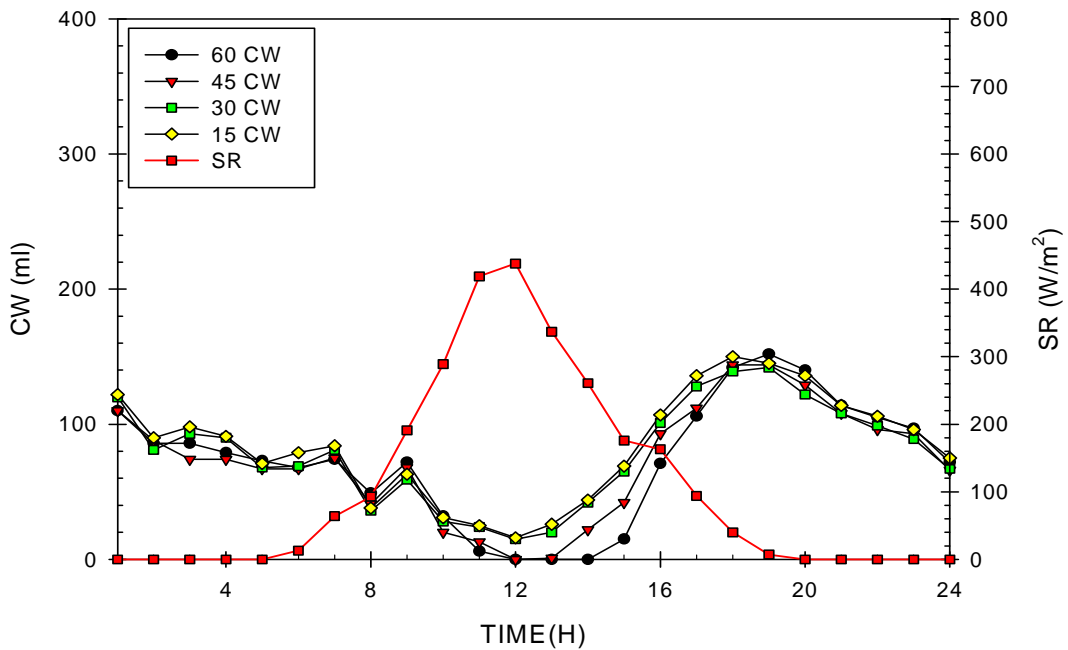


Fig. 14 The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day (2007.05.05)

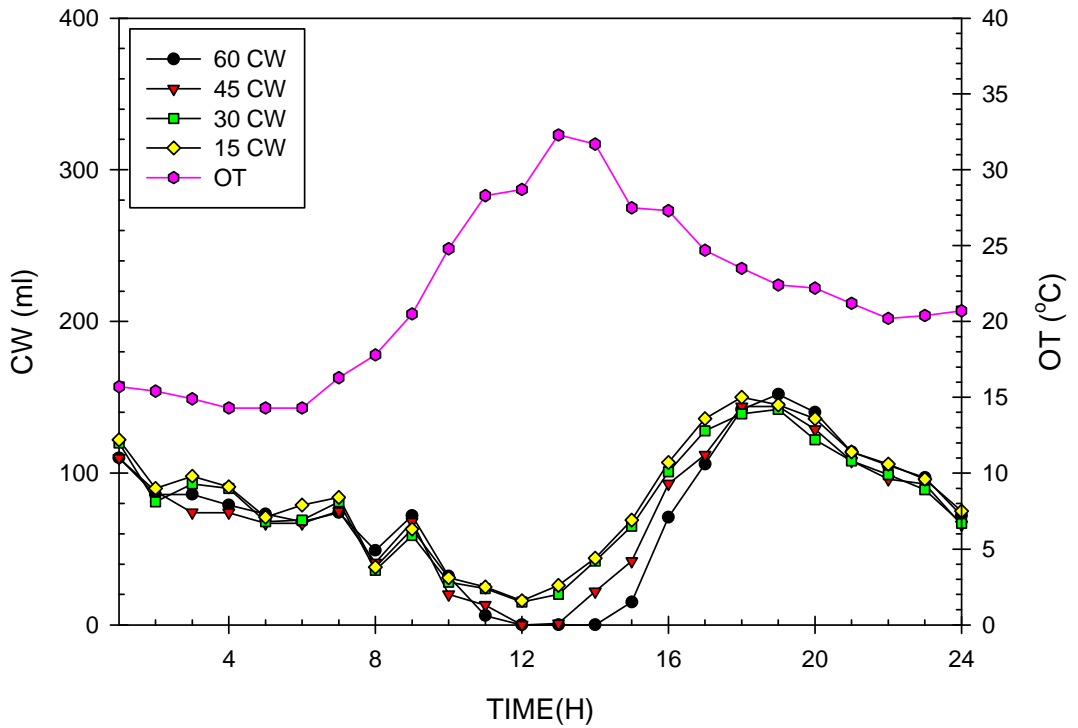


Fig. 15 The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.05.05)

봄은 안개가 잦고 안개가 걷힌 뒤에는 맑은 날씨가 된다. Fig. 13은 봄철 5월 맑은 날씨의 시간별 일사량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 일사량은 5시 정도부터 상승되기 시작하여 처음에는 상승률이 낮았으나 차츰 높아져 12시경에 최대가 되었으며 그 후에 차츰 감소되어 오후 8시부터 일사량이 측정되지 않았다.

외기온도는 해 뜨기 직전까지 감소되어 최소가 되었으며 해가 뜬 후 차츰 증가되어 일사량이 최대 점을 지난 2시간 후인 오후 2시경에 최대가 되었으며, 이는 대기의 유동에 의한 영향과 복사열전달에 의한 현상 때문이라고 추정된다. 그 후 외기온도는 감소되었으며 감소율은 감소하였다.

Fig. 14는 봄철 5월 맑은 날씨의 시간별 생성된 응축수량과 일사량의 관계를 경사각에 따라 나타낸 그래프이다. 일사량이 증가하며 응축수량은 급격히 감소하기 시작하였으며 12시경에는 응축수가 거의 발생하지 않았다. 일사량이 감소하며 응축수량은 증가하기 시작하였으며 오후 8시에 최대가 되었고, 그 후 응축수량은 서서히 감소하였다.

Fig. 15는 봄철 5월 맑은 날씨의 시간별 생성된 응축수량과 외기온도의 관계를 경사각에 따라 나타낸 그래프이다. 외기온도가 최고 온도에 도달하기 전에 응축수는 증가되기 시작하였으며 응축수는  $15^{\circ}$  와  $30^{\circ}$  에서 거의 같은 양을 생산하였으나  $45^{\circ}$  와  $60^{\circ}$  의 경우 응축수의 생산이 적었다. 응축수의 발생은 외기온도보다는 일사량과 상관관계가 있음을 보여주고 있는데 이는 복사에 의한 영향 때문으로 추정되고 응축수는 일사량이 감소하면서부터 생산되기 시작하였다.

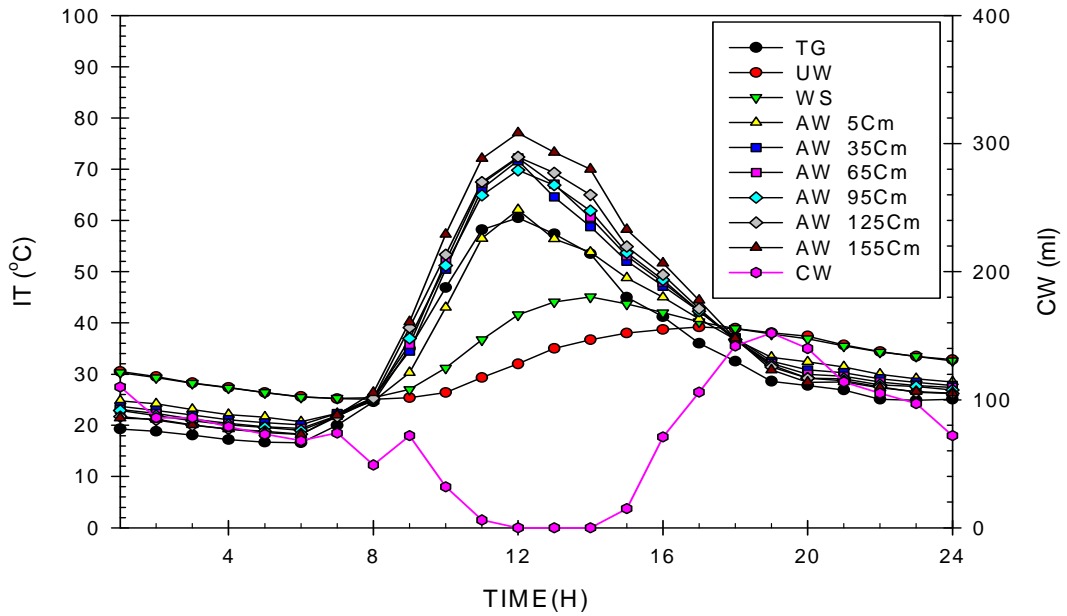


Fig. 16 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.05.05)

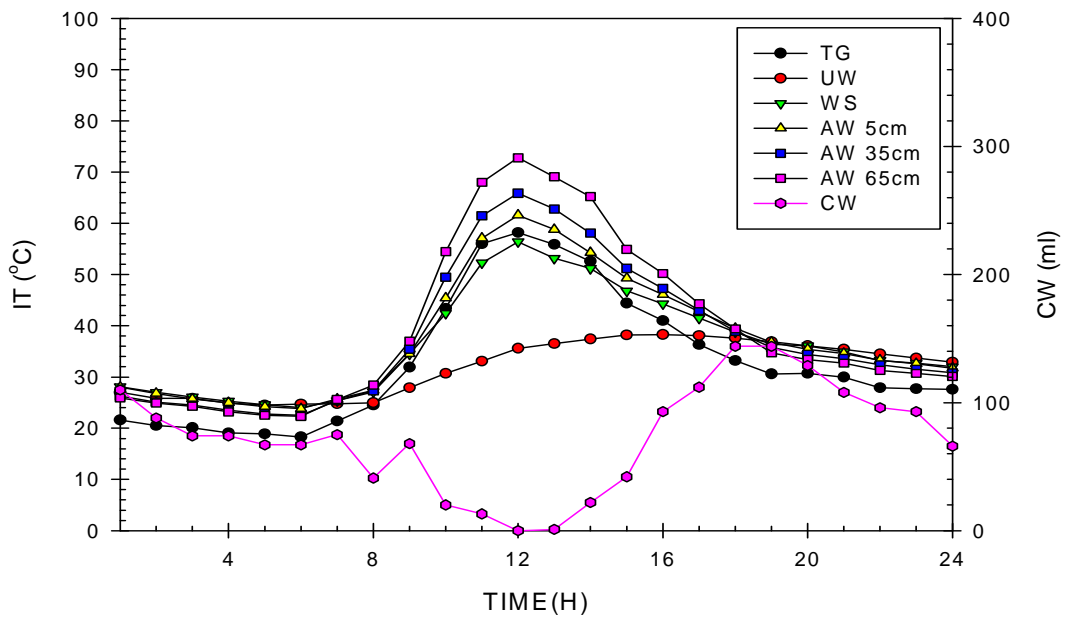


Fig. 17 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.05.05)



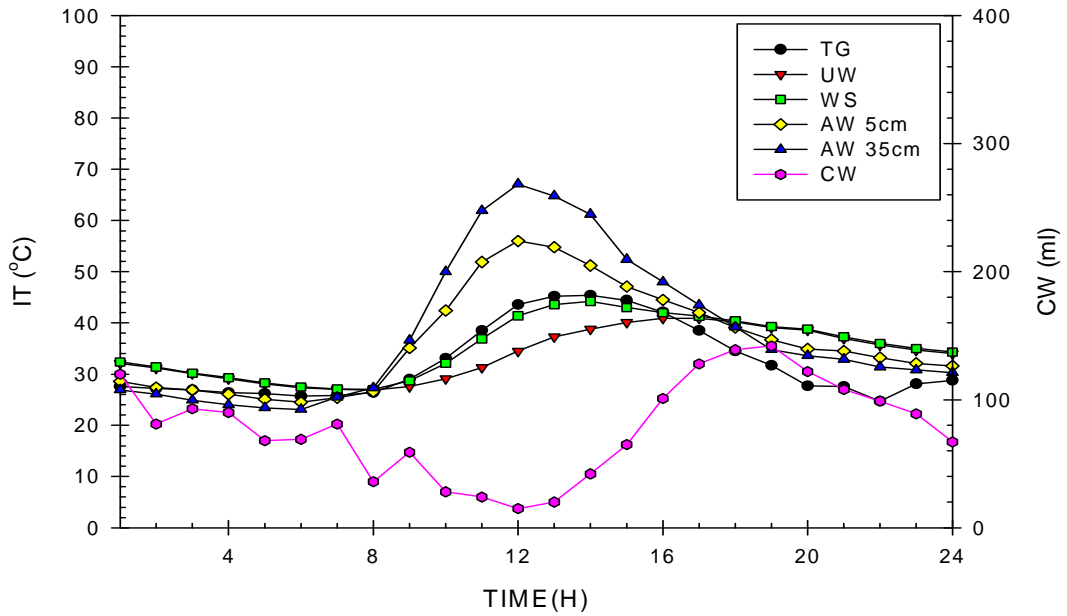


Fig. 18 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.05.05)

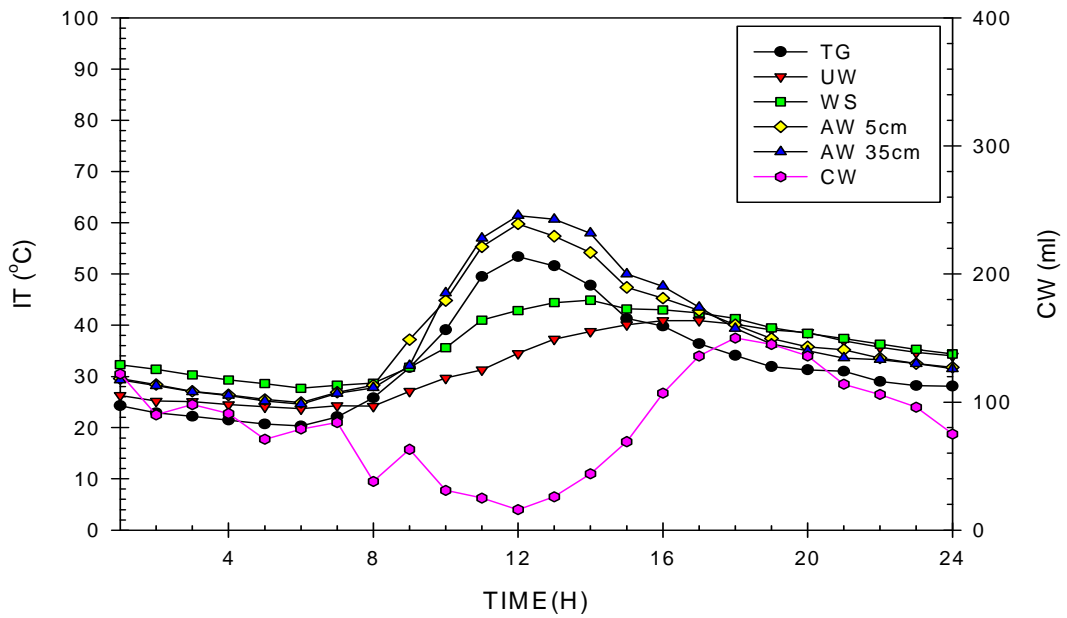


Fig. 19 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.05.05)

Fig. 16은 봄철 맑은 날씨에 경사각이  $60^\circ$  에서 생산된 응축수량과 내부의 높이에 따른 온도를 시간별로 나타낸 그래프이다. 시간이 경과함에 따라 내부 상부의 온도는 오전 8시부터 급격히 상승하면서 응축수는 급격히 감소하였고 거의 생산되지 않았다. 오후 2시경부터 최대가 된 후 하강하기 시작하여 오후 6시경에 상부와 하부의 온도차는 거의 나타나지 않았으며 약 30분후 응축수량은 최대가 되었다.

Fig. 17은 봄철 5월 맑은 날씨에 경사각이  $45^\circ$  의 응축수량과 내부의 높이에 따른 온도를 시간별로 나타낸 그래프이다. 해가 뜨기 전에 상부와 하부의 온도차는  $60^\circ$  에 비해 적었으나, 일사량의 증가로 높이에 따른 내부 온도의 증가율과 일사량의 감소로 높이에 따른 내부 온도의 감소율은  $60^\circ$  와 비슷한 패턴을 보였다.

Fig. 18은 봄철 5월 맑은 날씨에 경사각이  $30^\circ$  의 응축수량과 내부의 높이에 따른 온도를 시간별로 나타낸 그래프이다. 해가 뜨기 전의 내부 온도는  $60^\circ$  와  $45^\circ$  에 비하여 높은 온도를 유지하였고, 해가 뜨는 시간부터는  $60^\circ$  와  $45^\circ$  와 비슷한 패턴으로 온도가 증가하였고 일사량의 감소로 인한 내부온도 감소는  $60^\circ$  와  $45^\circ$  에 보다 완만한 곡선 형태로 감소함을 보여준다.

Fig. 19는 봄철 5월 맑은 날씨에 경사각이  $15^\circ$  의 응축수량과 내부의 높이에 따른 온도를 시간별로 나타낸 그래프이다. 일사량이 최대가 되었을 때를 비교해보면  $30^\circ$  와  $15^\circ$  의 내부온도는  $60^\circ$  와  $45^\circ$  에 비해 낮은 것을 알 수 있고, 일사량이 감소하는 시간에  $60^\circ$  는 내부의 급격한 온도감소를 보이지만  $15^\circ$  는 서서히 감소하는 것을 알 수 있다. 이는  $60^\circ$  의 경우 체적이 커서 대류현상이 활발히 일어나 열전달이 빠르지만  $15^\circ$  의 경우엔 체적이 작아 대류현상이 거의 일어나지 않았기 때문으로 사료된다.  $15^\circ$  와  $30^\circ$  ,  $45^\circ$  ,  $60^\circ$  의 경우 상부의 온도는 경사각이 클수록 커지며 경사각이 작아질수록 상부의 거리도 짧아지며 온도차도 크지 않았는데 이는 일정시간 일사량에 따른 흡수율은 같기 때문으로 추정된다.

### 4.1.2 여름

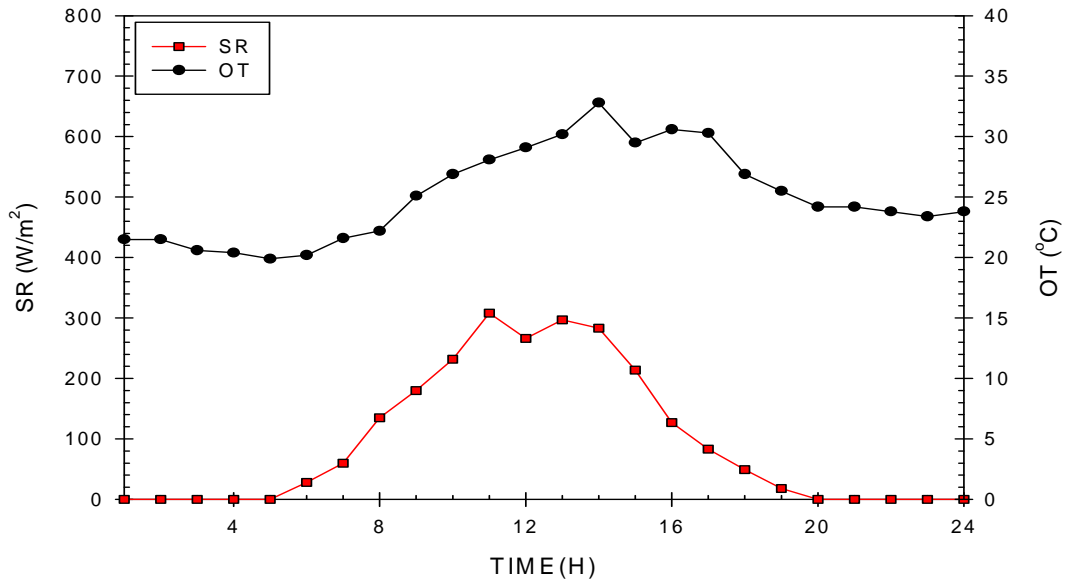


Fig. 20 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day (2007.06.12)

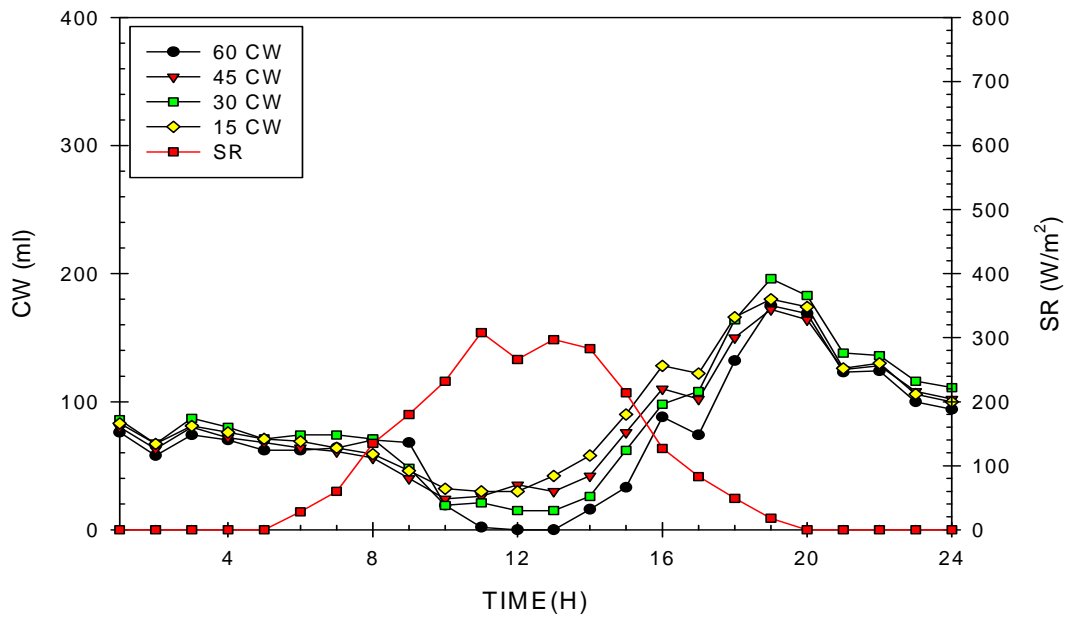


Fig. 21 The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day (2007.06.12)

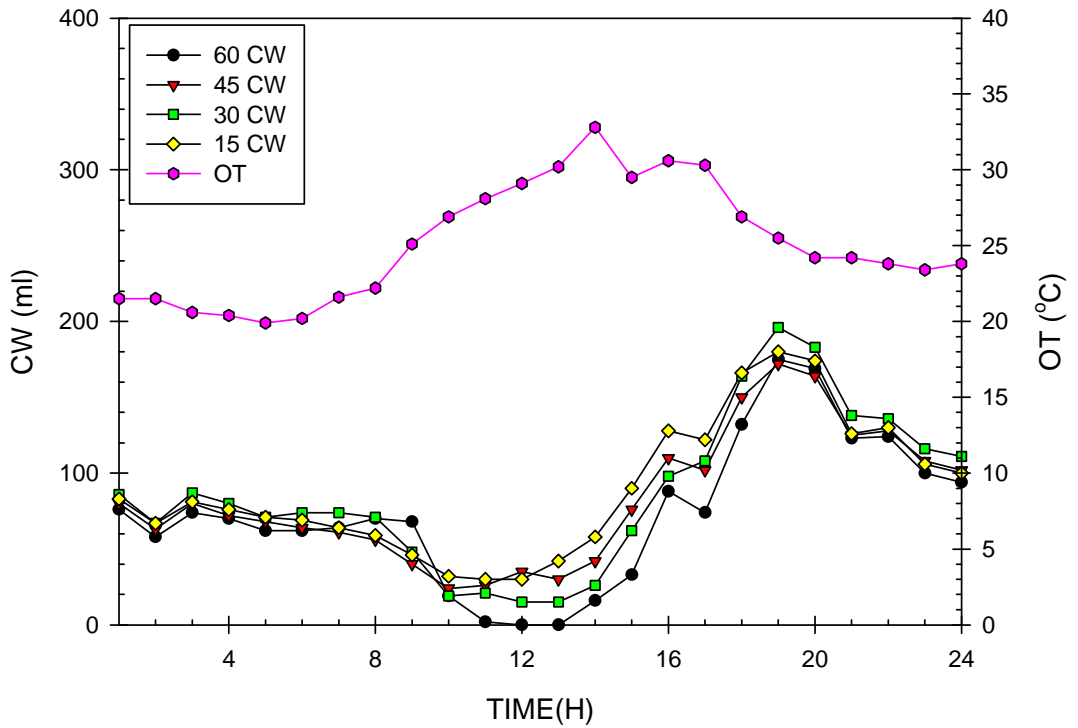


Fig. 22 The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.06.12)

Fig. 20은 여름철 6월 맑은 날씨의 일사량과 외기온도를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 봄철보다 일사량은 낮지만 외기온도는 높는데 이는 지구는 23.5도 기울어져 태양주위를 타원형의 궤도를 공전하기 때문에 계절에 따라 태양빛을 받는 각도가 다르기 때문이다. 일사량은 여름에 지구가 태양으로부터 가장 멀리 떨어졌을 때여서 일사량이 겨울보다 적게 측정되고 외기온도는 지구가 23.5로 기울어져 북반구가 태양빛을 거의 수직으로 받기 때문에 온도가 높게 측정되었다.

Fig. 21은 여름철 6월 맑은 날씨의 경사각별 생성된 응축수량과 일사량을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 일사량은 오전 5시부터 조금씩 측정되기 시작하여 서서히 증가하며 오후 2시경까지 최대치를 나타내다 서서히 감소하여 오후 8시경엔 거의 측정되지 않았다. 응축수량은 일사량이 증가하는 동안엔 서서히 줄어들며 일사량이 최대치를 나타내는 시간대엔 응축수 생산량이 적었으며 일사량이 감소할 때 응축수의 생산량은 증가를 하여 오후 7시경에 가장 많은 응축수를 생산하였다.

Fig. 22는 여름철 6월 맑은 날씨의 경사각별 생성된 응축수량과 외기온도를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 외기온도는 해가 뜬 시간부터 서서히 증가를 하여 오후 2시경 최고온도를 나타내었다가 서서히 감소하였다. 응축수는 외기온도가 최고온도를 지나 감소를 할 때 응축수량도 서서히 증가를 하였고 온도의 감소율이 큰 오후 6시 이후에 가장 많은 응축수를 생산하였다.

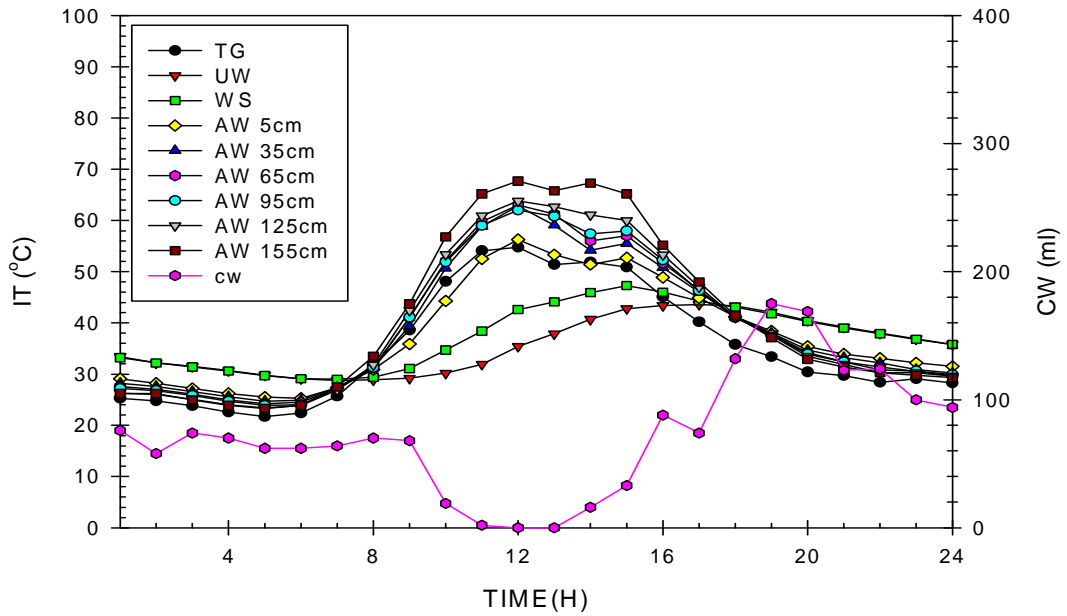


Fig. 23 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.06.12)

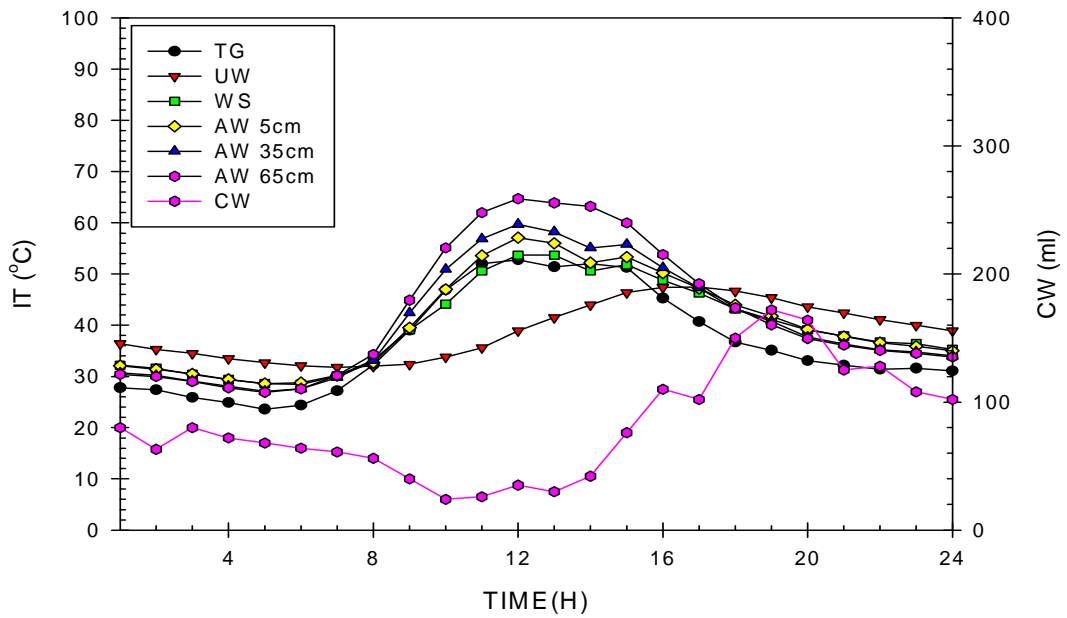


Fig. 24 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.06.12)

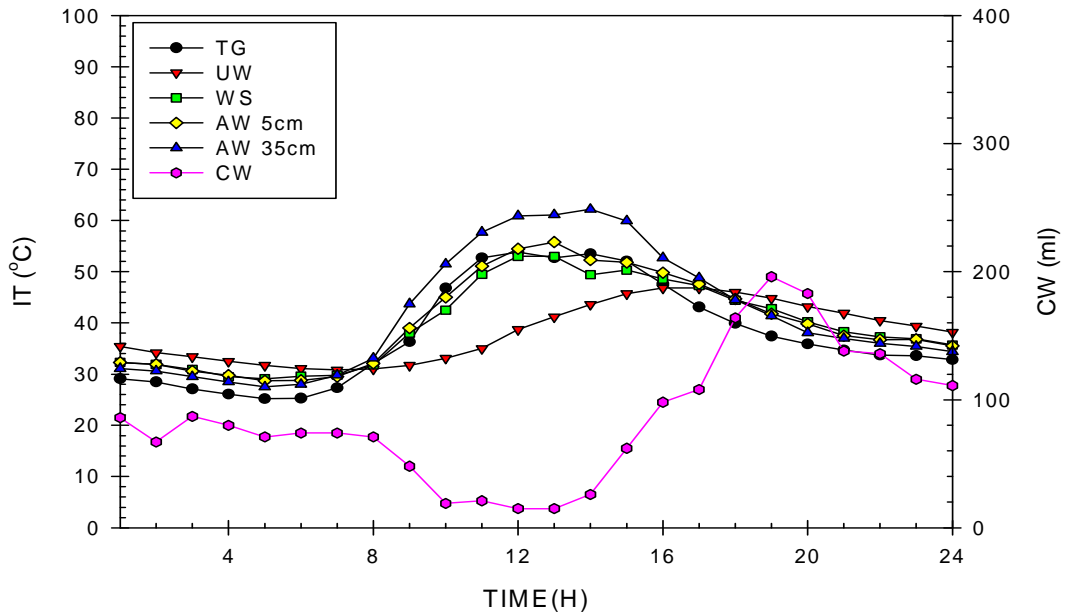


Fig. 25 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.06.12)

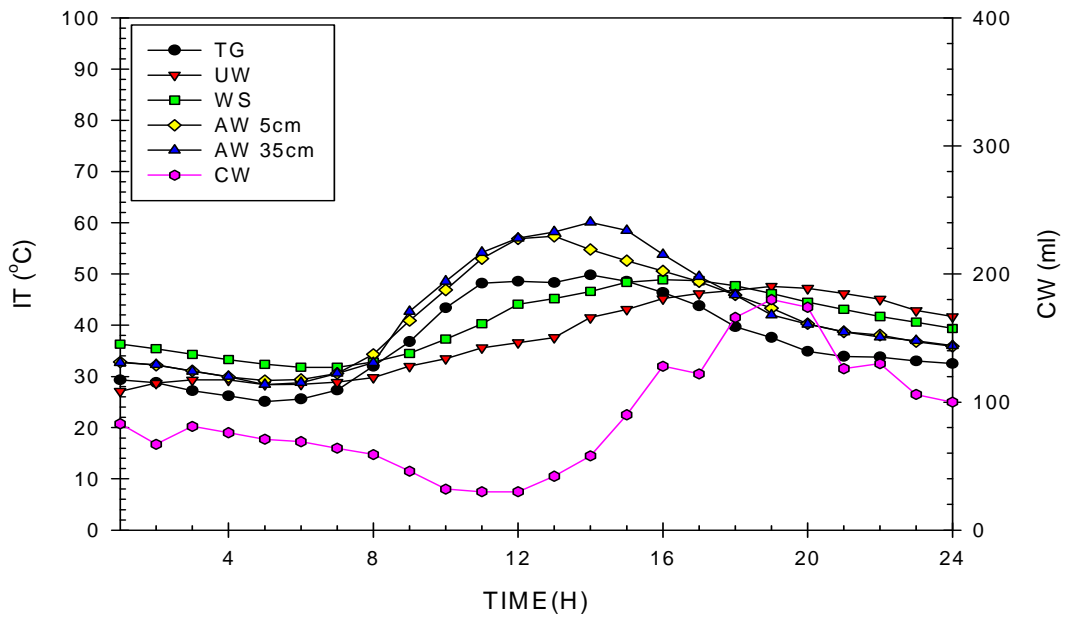


Fig. 26 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.06.12)

Fig. 23, Fig. 24, Fig. 25, Fig. 26은 장마철 맑은 날씨의 경사각도별 높이에 따른 내부온도와 생성된 응축수량을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 전체적으로 물의 온도가 다른 내부온도보다 낮아지기 시작한 시간대엔 응축수 생산량이 감소하였고, 물의 온도가 다른 내부온도보다 높아질 시간대에 응축수 생산량이 많아졌다. 다른 일사량이 많은 맑은 날씨에서는 경사각이  $60^\circ$  인 경우 내부 상부의 온도가 경사각이  $15^\circ$  인 경우와 약  $20^\circ\text{C}$ 정도 차이가 나지만, 각각의 경사각 내부온도가 거의 비슷한 온도를 나타내는 것을 알 수 있는데 이는 일사량이 다른 날보다 적기 때문이라 추정된다.



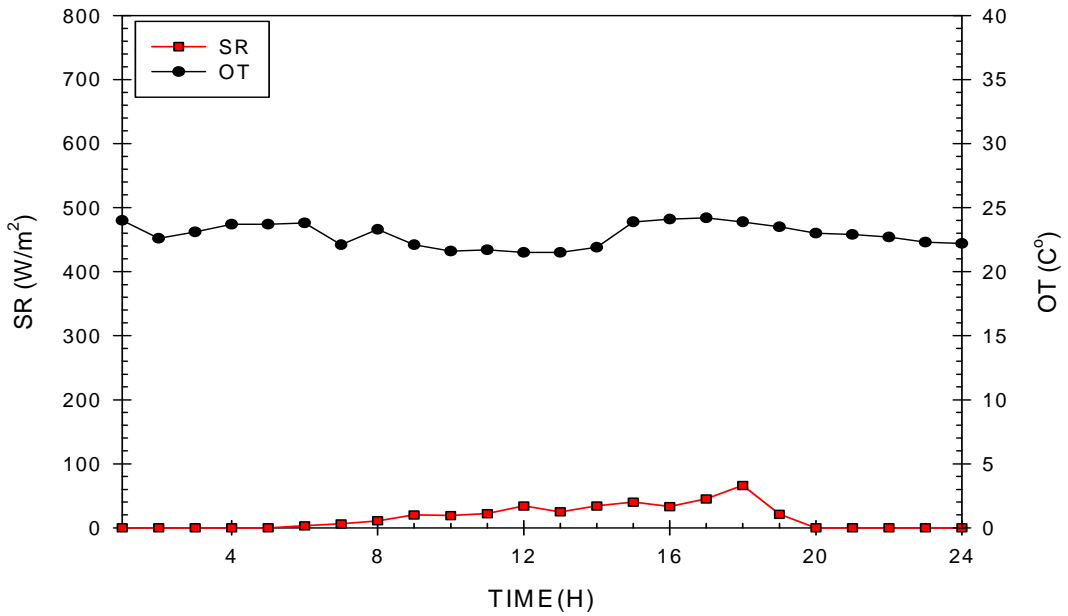


Fig. 27 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Rainy Day (2007.07.10)

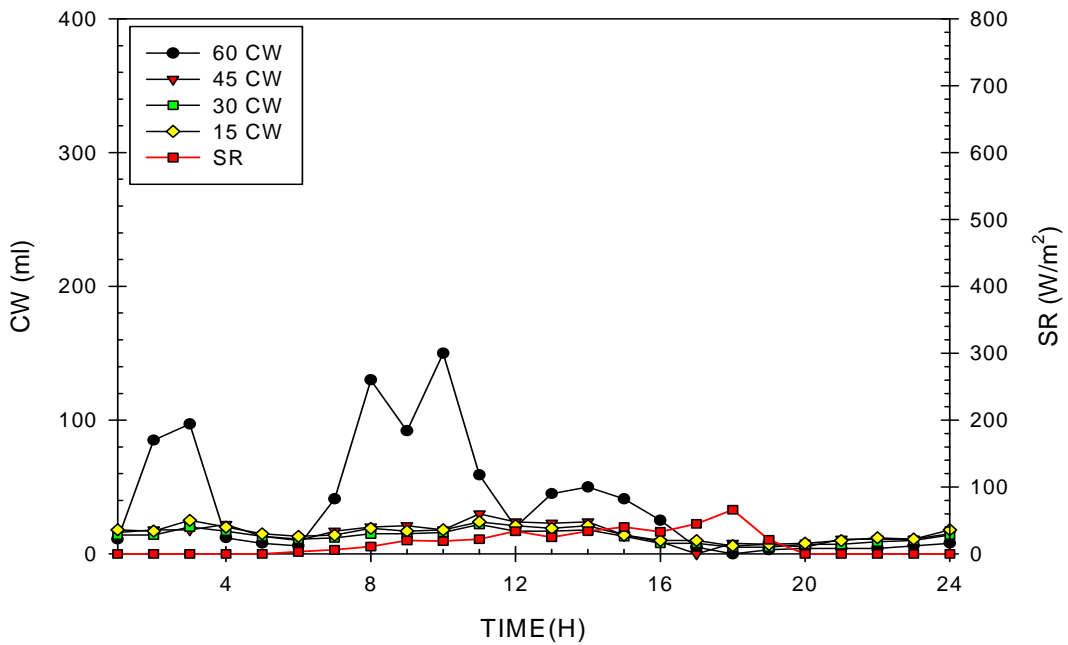


Fig. 28 The Condensed Water and the Solar Radiation on Rainy Day (2007.07.10)

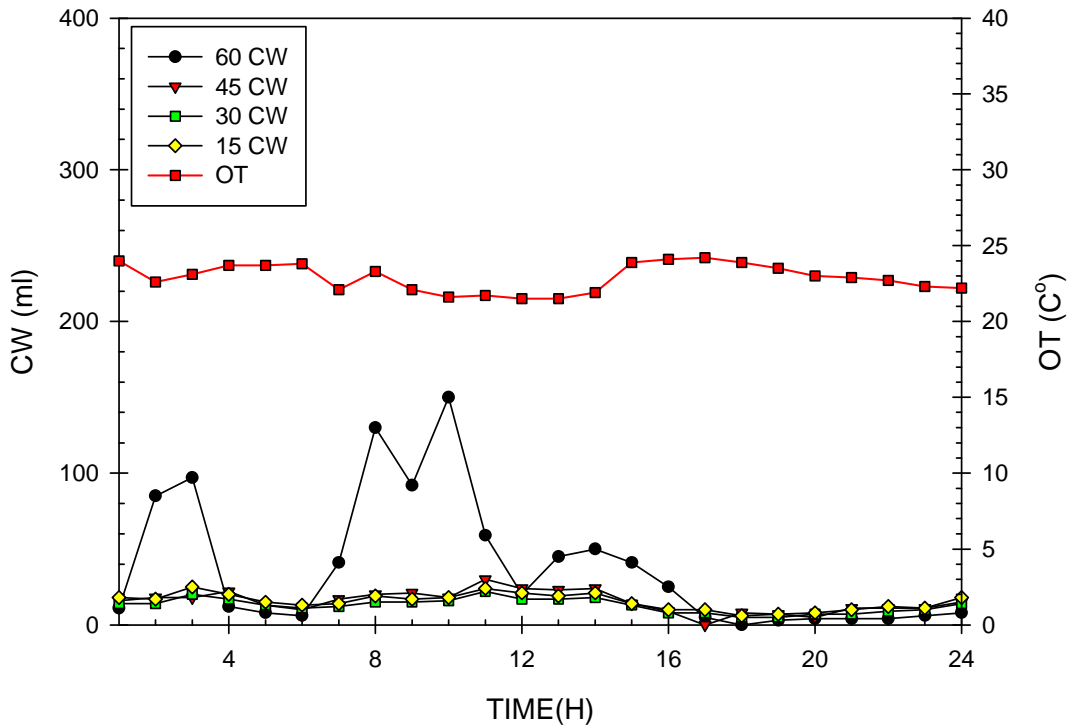


Fig. 29 The Condensed Water and the Outside Temperature on Rainy Day (2007.07.10)

Fig. 27은 여름철 7월 장마철 비오는 날의 각 경사각에서의 시간당 일사량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 일사량은 거의 측정되지 않았으며 약 오후 6시경에 약간의 상승이 있었으나 많지 않았으며 외기온도도 이와 비슷한 관계를 나타내었으나 온도의 변화가 크지 않았다.

Fig. 28은 여름철 7월 장마철 비오는 날의 각 경사각에서의 시간당 발생된 응축수량과 일사량의 관계를 나타낸 그래프이다. 응축수량은 경사각이  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  와  $45^\circ$  의 경우는 응축수량이 거의 차이가 없었으며 경사각이  $60^\circ$  의 경우 시간대에 따라 발생량의 차이가 있었는데 공극량이 크므로 장마 기간 중 햇빛이 비칠 때는 경사각이 작은 경우 보다 증발량이 많고 비가 오는 양에 따라 유리 바깥 표면에 부딪히는 충격에 의해서 응축량의 차이가 있는 것으로 생각된다.  $60^\circ$  의 경우는 다른 경사각의 경우에 비하여 증발량이 많기 때문이고  $45^\circ$  이하의 경우에는 강수량이 증가하는 경우 경사면을 따라서 응축수가 흘러내리지 않고 수면으로 바로 떨어지기 때문으로 추정된다.

Fig. 29는 여름철 7월 장마철 비오는 날의 각 경사각에서의 시간당 발생된 응축수량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 외기온도는  $20^\circ\text{C}$ 와  $25^\circ\text{C}$ 의 사이에서 큰 변화가 없었지만 강수량이 증가하는 경우에는 약간의 감소를 보였고  $60^\circ$ 에서는 응축수량의 증가를 보였다.

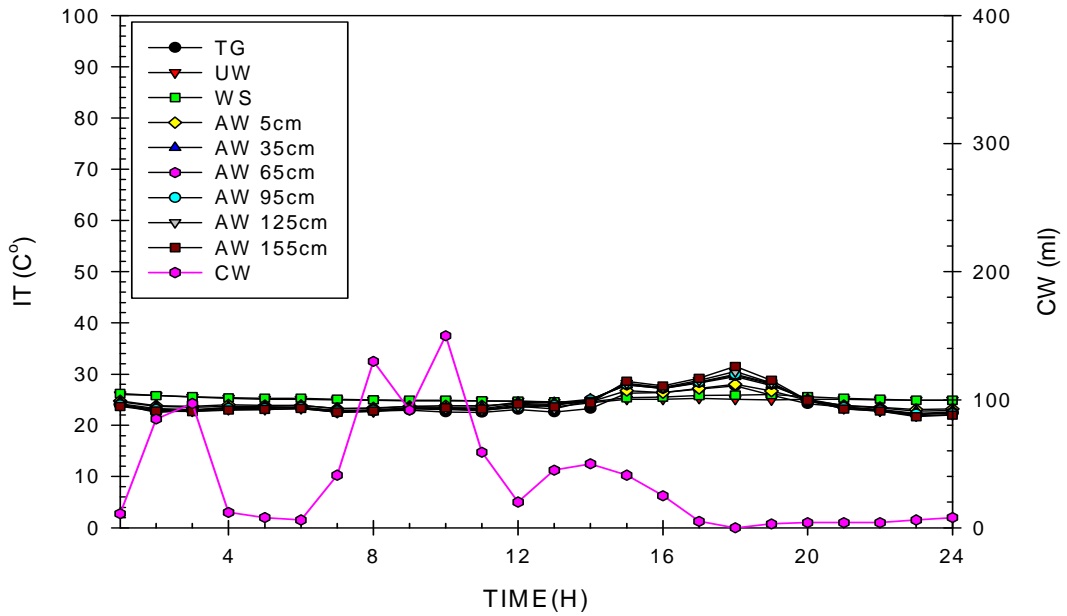


Fig. 30 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Rainy Day (2007.07.10)

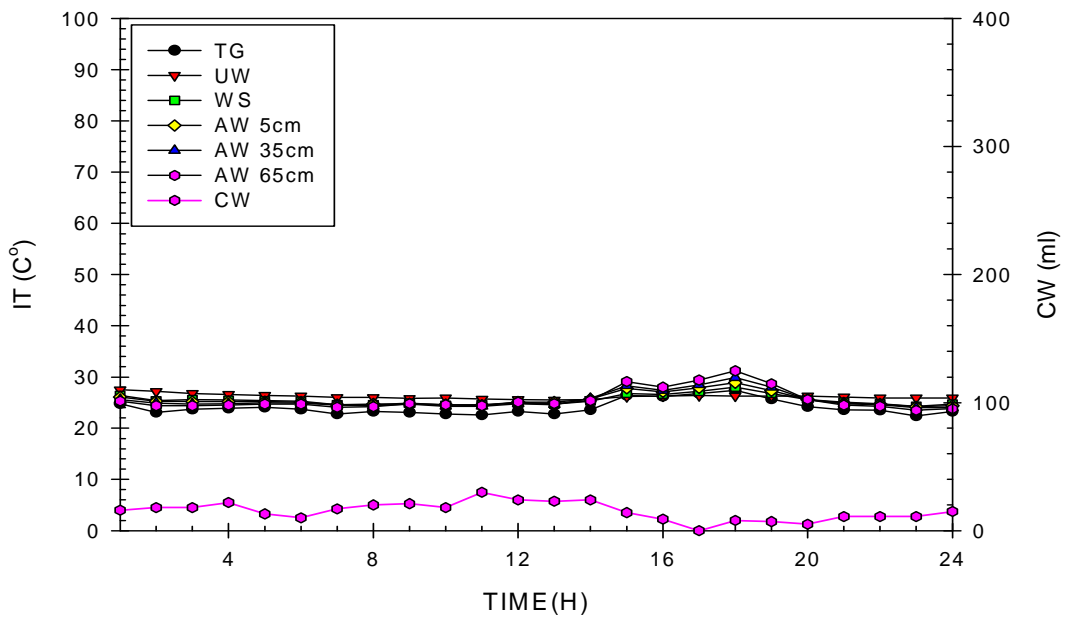


Fig. 31 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Rainy Day (2007.07.10)

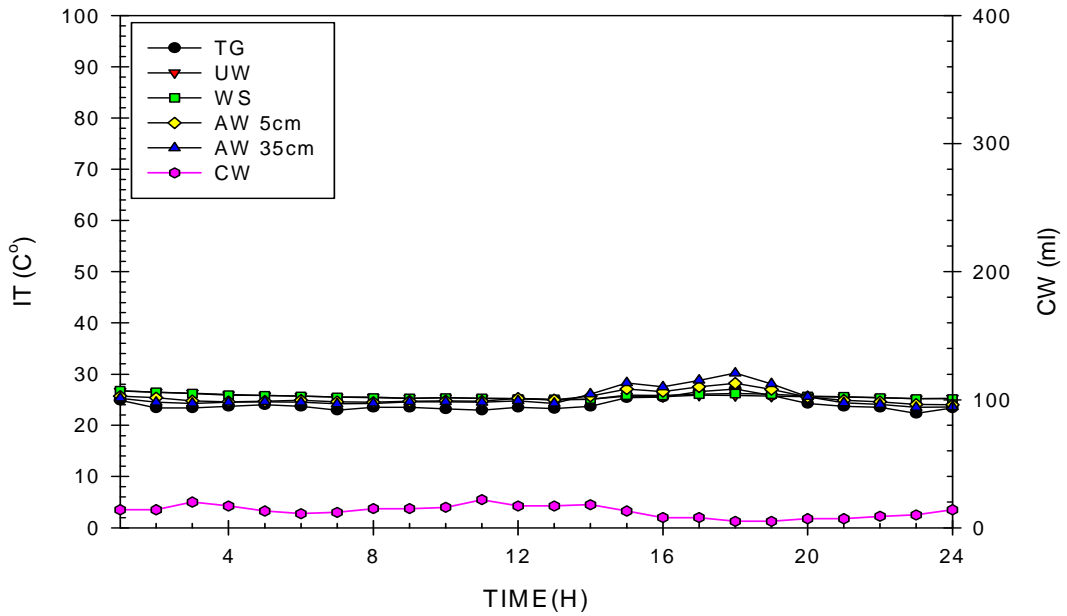


Fig. 32 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Rainy Day (2007.07.10)

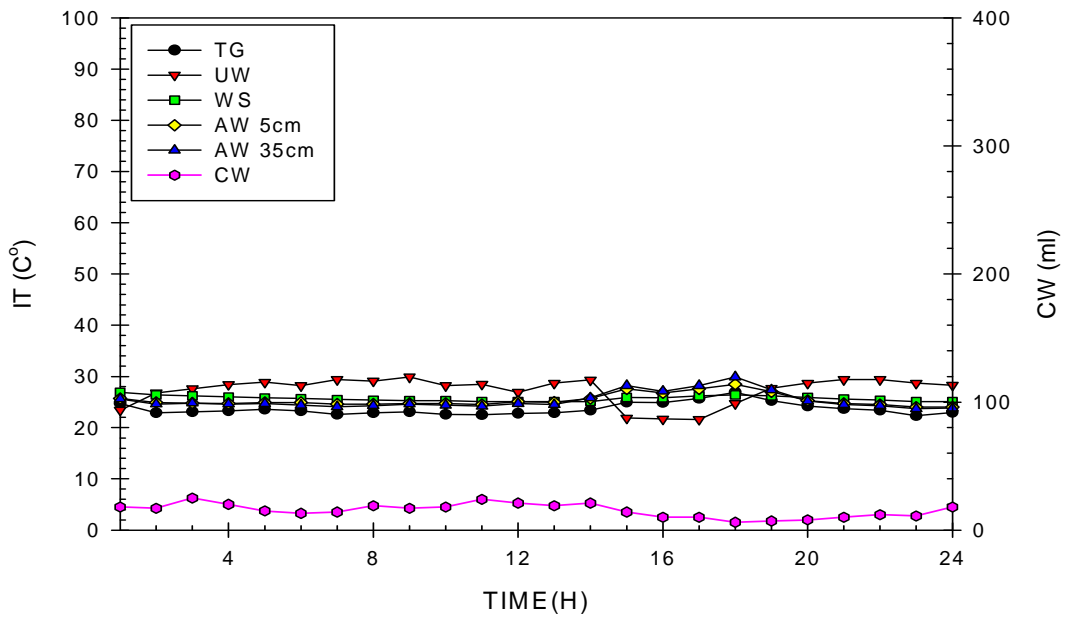


Fig. 33 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Rainy Day (2007.07.10)

Fig. 30은 여름철 7월 장마철 비오는 날의 경사각이  $60^\circ$  에서의 내부온도와 시간당 발생된 응축수량과의 관계를 나타낸 그래프이다. 내부온도는 상부와 하부 사이의 온도차가 적었으며 내부온도가 증가하는 동안에는 응축이 일어나지 않았지만, 강수량의 증가에 따른 응축수량의 증가는 증발량이 거의 없고 증발이 일어나기 때문으로 추정되며 증발이 일어나는 동안에는 응축이 일어나지 않음을 보여주고 있다. 내부온도가 감소하는 동안 서서히 응축이 시작됨을 보여준다.

Fig. 31, Fig. 32, Fig. 33은 장마철 7월 비오는 날의 경사각이  $45^\circ$  ,  $30^\circ$  ,  $15^\circ$  각각의 높이에 따른 내부온도와 발생된 응축수량과의 관계를 나타낸 그래프이다. 내부온도는 경사각이  $60^\circ$  와 마찬가지로 변화가 거의 없었고, 강수량이 증가하여도 응축수량의 변화가 거의 없었다.

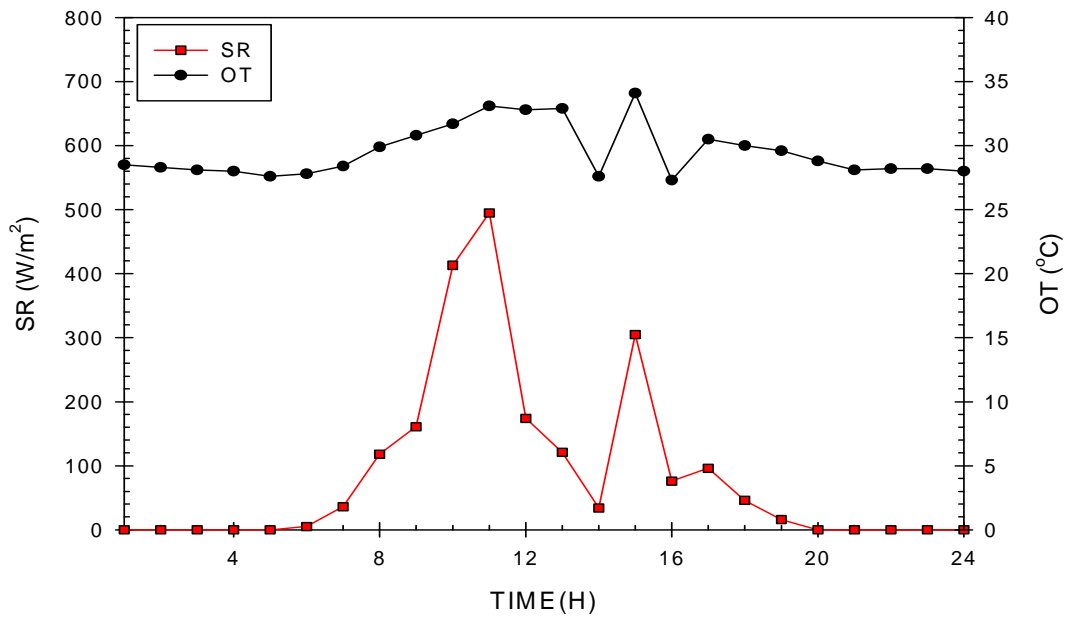


Fig. 34 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Shower Day (2007.08.09)

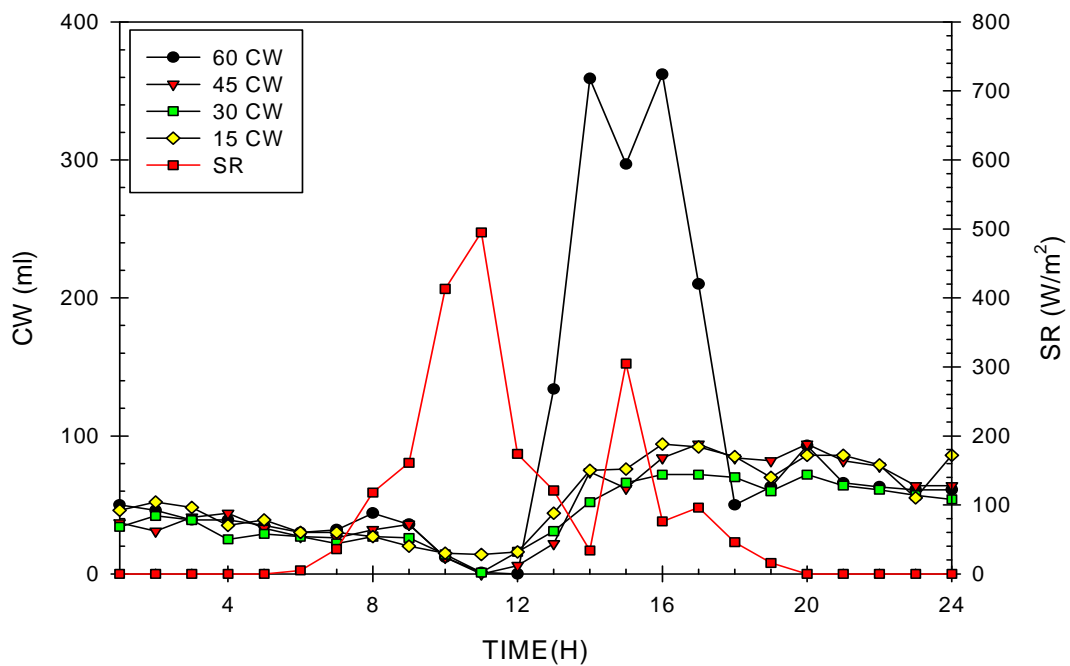


Fig. 35 The Condensed Water and the Solar Radiation on Shower Day (2007.08.09)

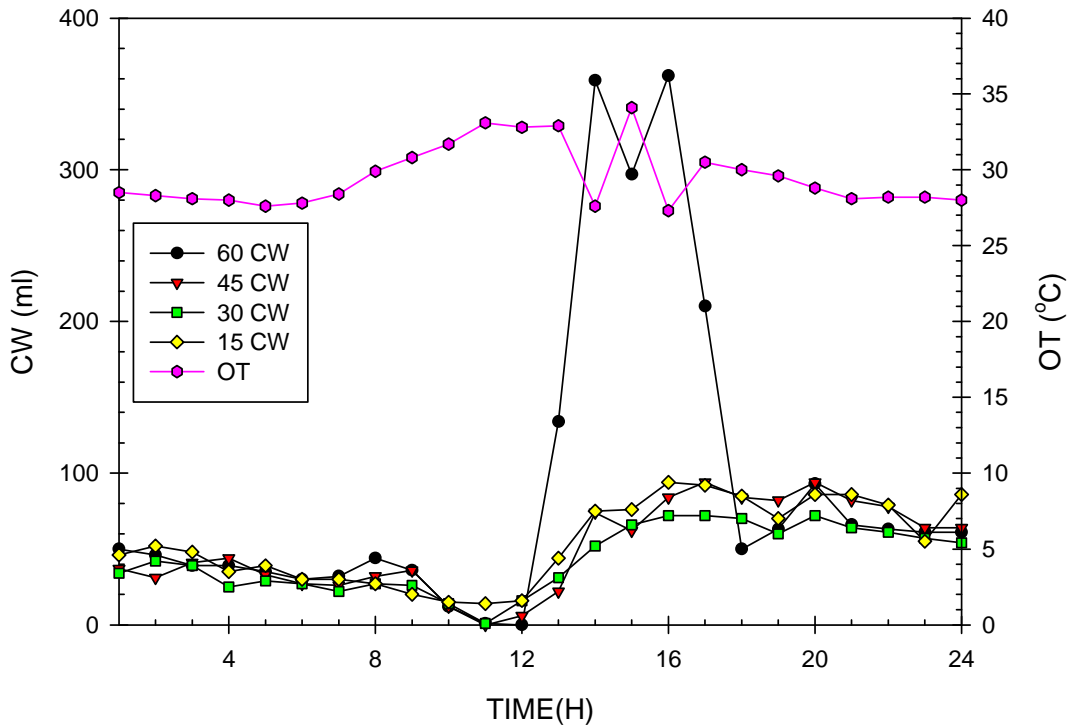


Fig. 36 The Condensed Water and the Outside Temperature on Shower Day (2007.08.09)



Fig. 34는 여름철 8월 불규칙한 날씨(맑은 날에 소나기 내린 날)에 일사량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 6시경부터 일사량이 증가하기 시작하여 11시경까지 맑은 날씨를 보이지만 흐려지기 시작하여 소나기가 온 날로서 소나기가 오는 동안 외기의 온도는 낮아짐을 보였으며 온도의 변화는 약 10℃정도가 되었다. 일사량은 오후 8시경에 거의 측정되지 않았고 일교차는 거의 나타나지 않았다.

Fig. 35는 여름철 8월 불규칙한 날씨(맑은 날에 소나기 내린 날씨)에 일사량과 시간에 따라 생산되는 응축수량을 나타내는 그래프이다. 소나기가 내리기 전 11시까지는 일사량의 증가로 증발 현상이 일어나 응축수의 생산이 거의 없다가, 소나기가 내리는 12시~17시에 경사각이 60° 인 경우 많은 응축수를 배출하고 있으며 이후부터는 거의 응축수의 생산이 되지 않고 있다. 낮 시간의 소나기가 잠깐 내리는 시간에 경사각이 60° 인 곳에서 많은 응축수를 생산하였다. 맑은 날씨에서는 온도차가 발생되어 응축조건이 형성되면 일시적인 응축수의 증가 현상이 있었으나 불규칙한 날씨에서의 응축수는 모든 각도에서 그 폭이 아주 좁고, 다른 날씨에서 보이는 규칙성이 없고 경사각이 60° 의 경우에서 응축수의 생산이 두드러지게 나타난다.

Fig. 36은 여름철 8월 불규칙한 날씨(맑은 날에 소나기 내린 날씨)에 외기온도와 시간에 따라 생산되는 응축수량을 나타내는 그래프이다. 외기온도와 응축수량은 반대현상을 나타내었고 경사각이 60° 인 경우 소나기가 오는 경우엔 응축수량의 급격한 변화를 보였다. 외기온도가 상승하는 동안 응축수량은 감소하였고 외기온도가 하강하는 동안 응축수량은 증가하였으며 응축수량의 증가와 함께 증발량이 감소하므로 응축수량은 서서히 감소하는 현상을 나타내었다.

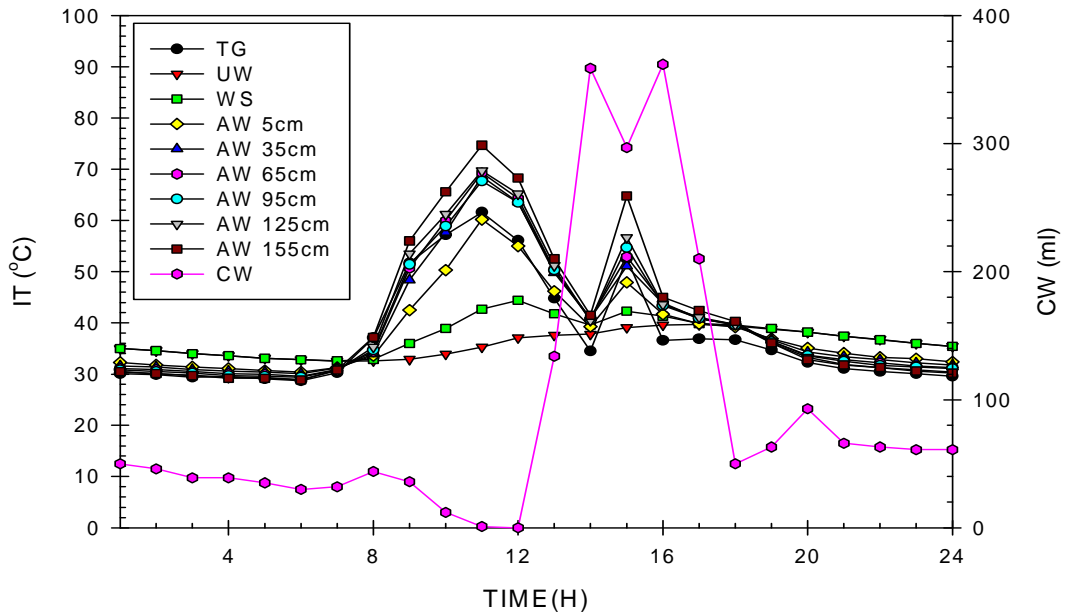


Fig. 37 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Shower Day (2007.08.09)

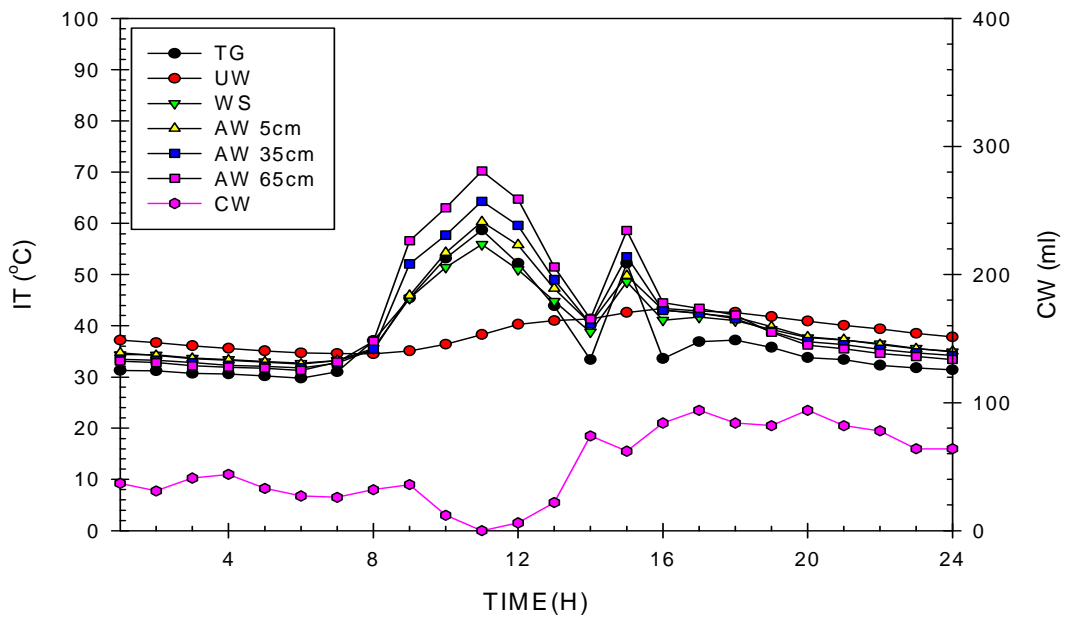


Fig. 38 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Shower Day (2007.08.09)

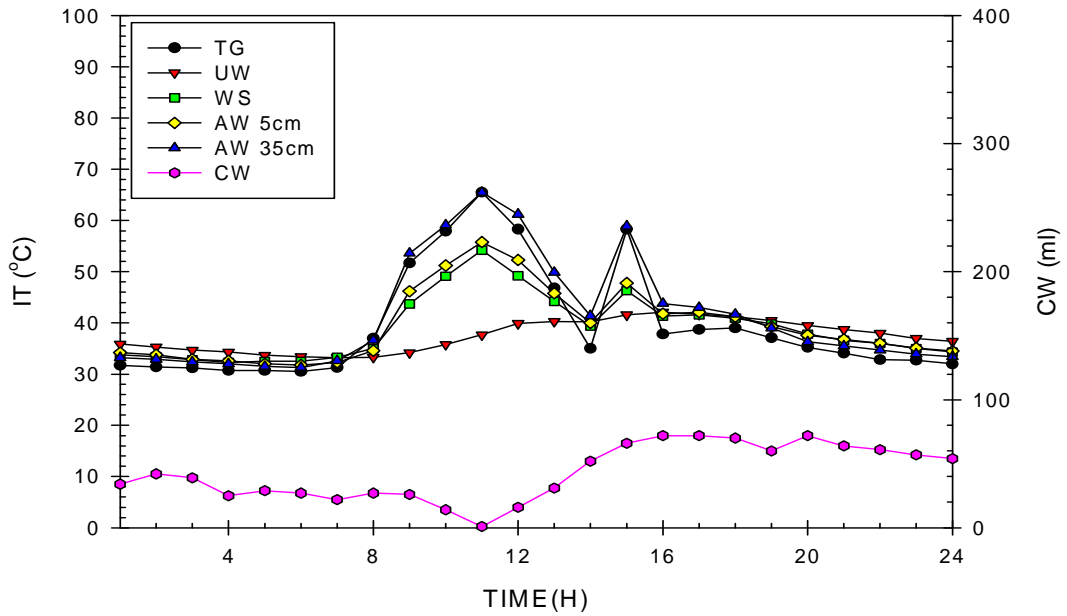


Fig. 39 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Shower Day (2007.08.09)

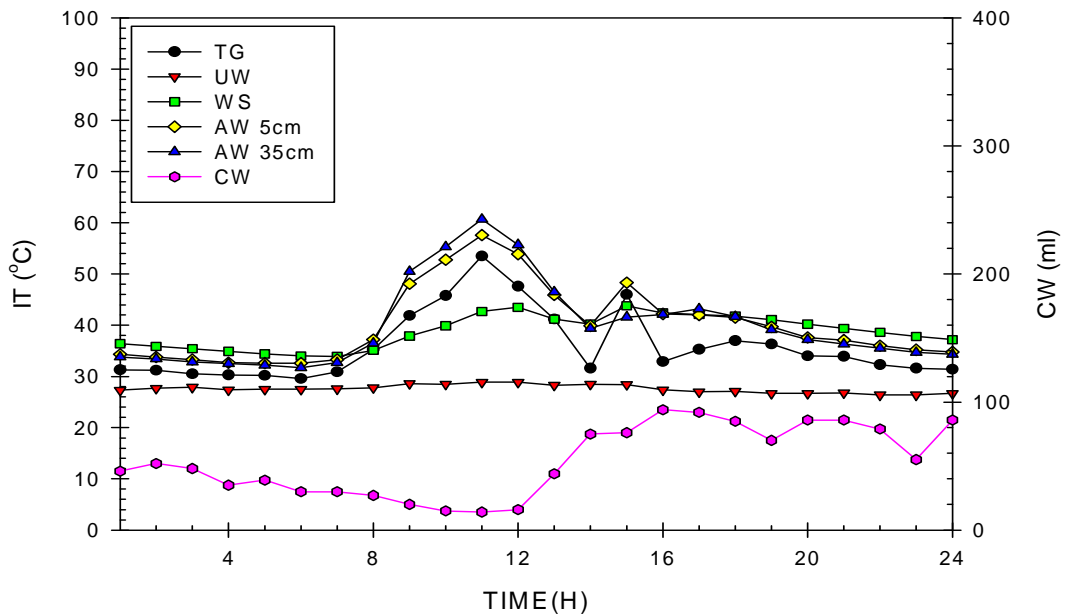


Fig. 40 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Shower Day (2007.08.09)

Fig. 37, Fig. 38, Fig. 39, Fig. 40은 여름철 8월 불규칙한 날씨(맑은 날 소나기 내린 날씨)에 경사각이  $60^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $15^\circ$  각각의 내부온도와 발생된 각각의 응축수량과의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다.

경사각이  $60^\circ$  인 경우 일사량이 증가하는 11시까지 내부온도가 증가하며 증발 건조 현상이 일어나지만, 12시부터 갑작스런 소나기로 인하여 내부온도가 급격히 하락하고, 물표면 온도는 거의 변화가 없고 실험조의 윗부분과 유리표면 온도가 급격히 떨어지면서 응축조건이 형성되어 많은 응축수를 생산 한 것으로 사료된다. 또한 소나기가 오는 동안에는 소나기에 의한 유리면 위의 충격에 의하여 응축되어 떨어지는 속도가 빨라지고 양도 많아진다.  $45^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $15^\circ$  의 경우 물표면 온도와 실험조의 윗부분과 유리표면의 온도차가 작아 응축조건이 형성되지 않은 것으로 사료된다.

### 4.1.3 가을

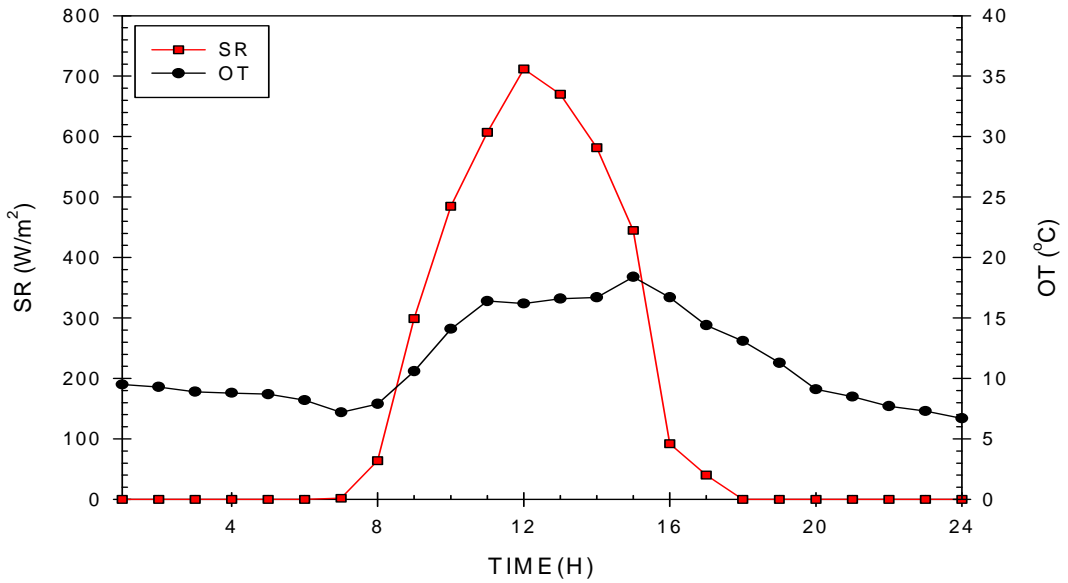


Fig. 41 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day (2007.11.12)

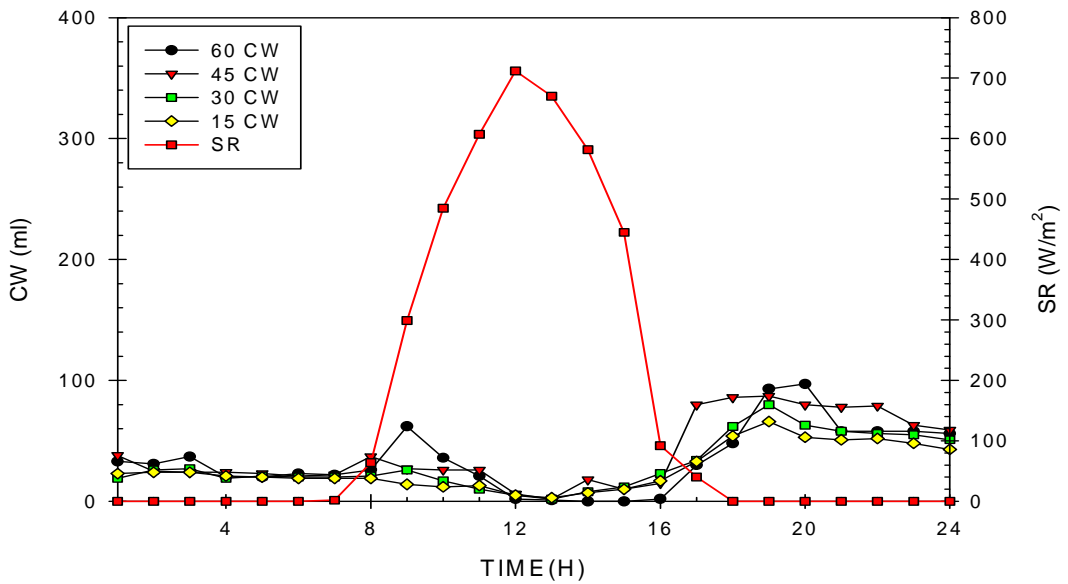


Fig. 42 The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day (2007.11.12)

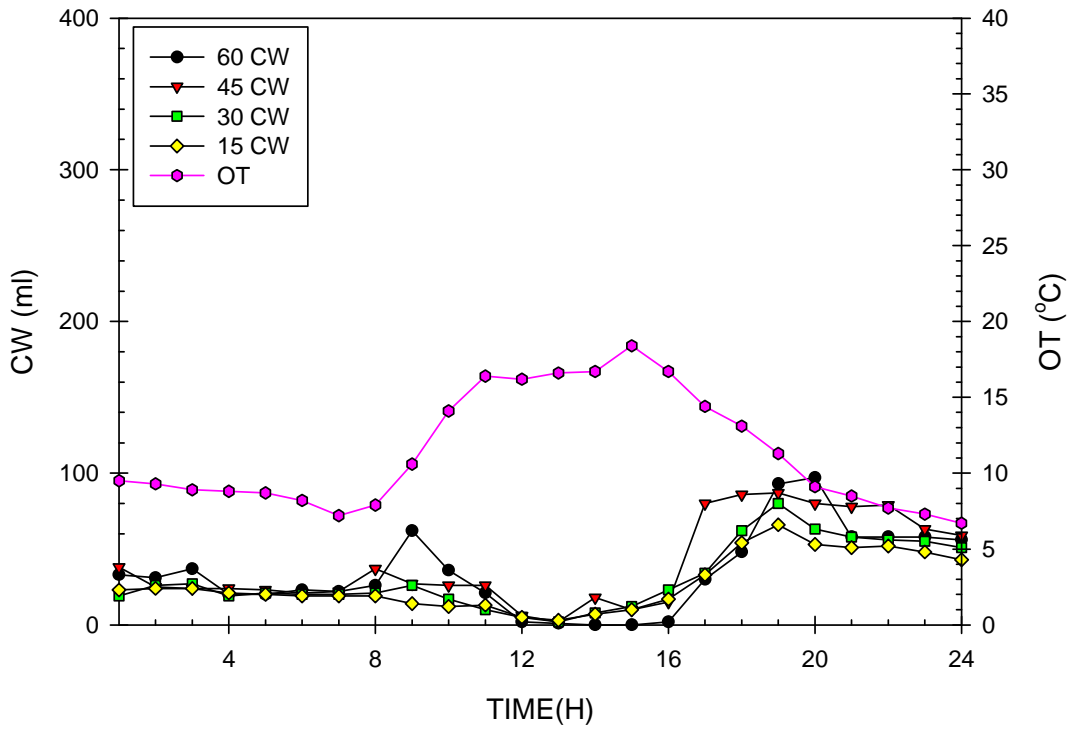


Fig. 43 The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.11.12)

Fig. 41은 가을철 맑은 날씨의 일사량과 외기온도의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 일사량은 약 7시경부터 측정되어 8시 이후부터 급격히 증가하여 12시에 최대를 나타내며 감소하다 오후 3시경부터 급격히 감소하여 오후 6시 경부터는 거의 측정되지 않았다. 외기온도는 해가 뜨기 전까지 서서히 감소하다 해가 뜬 후부터 증가하여 일사량이 최대인 2~3시간 후에 최고온도를 나타내었다가 감소하였다.

Fig. 42는 가을철 맑은 날씨의 경사각 별 생성된 응축수량과 일사량과의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 해가 뜨기 전까지 응축수의 생산이 서서히 감소하며 일사량이 급격히 증가함에 따라 증발이 일어나 응축수의 생산량이 줄어들었고 일사량이 높은 시간대엔 응축수의 생산이 거의 없었다. 일사량이 줄어들기 시작할 때 응축수의 생산량이 조금씩 증가하였고 일사량이 급격히 하락하는 시간대엔 응축수량이 급격히 증가함을 보여준다.

Fig. 43은 가을철 맑은 날씨의 경사각 별 생성된 응축수량과 외기온도와의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 외기온도가 증가하는 시간엔 응축수의 생산량이 줄어들었고 외기온도가 높은 온도를 유지하는 시간대엔 응축수의 생산량이 지극히 적음을 보여준다. 외기온도가 최고온도에 도달한 후 감소하기 시작할 때 응축수의 생산량은 증가함을 보여준다.

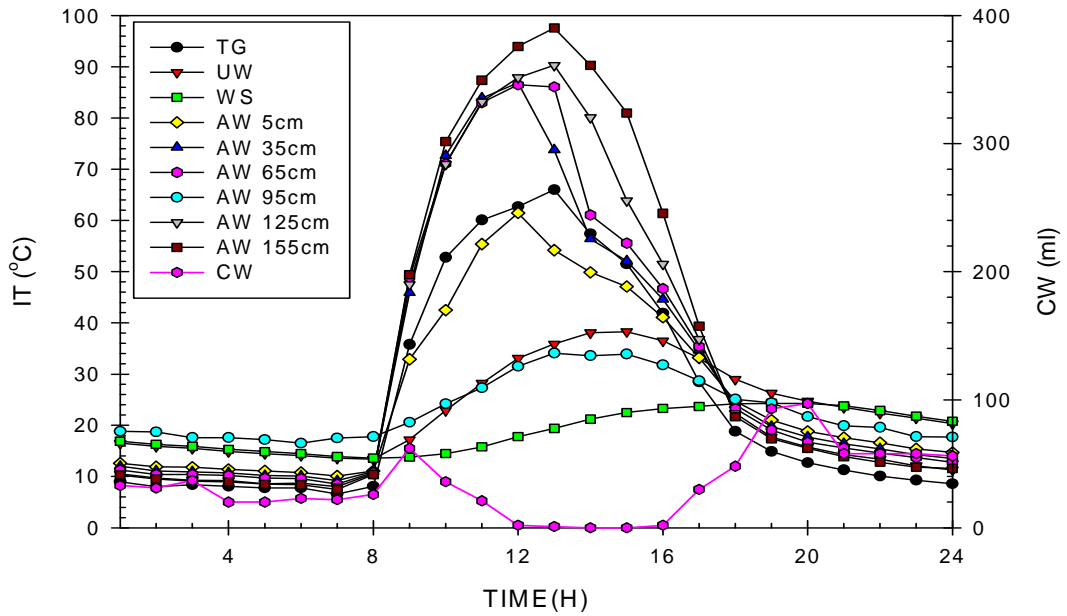


Fig. 44 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.11.12)

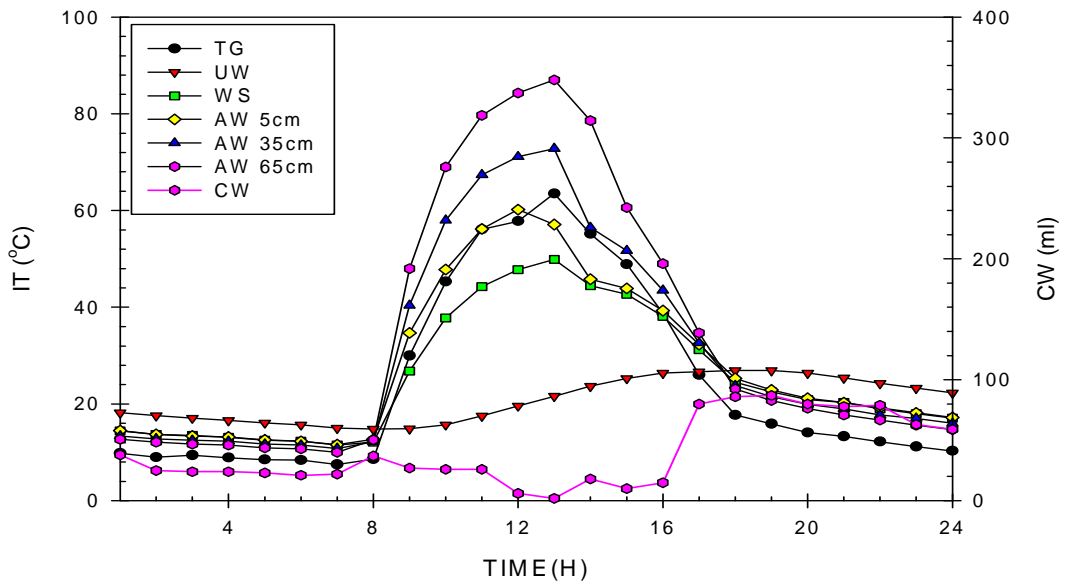


Fig. 45 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.11.12)



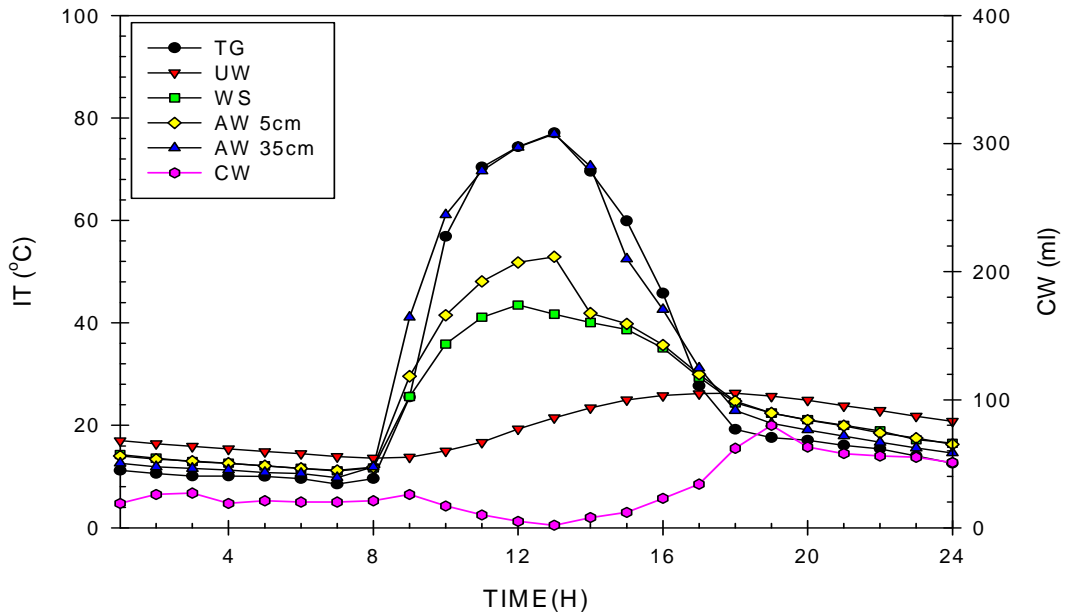


Fig. 46 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.11.12)

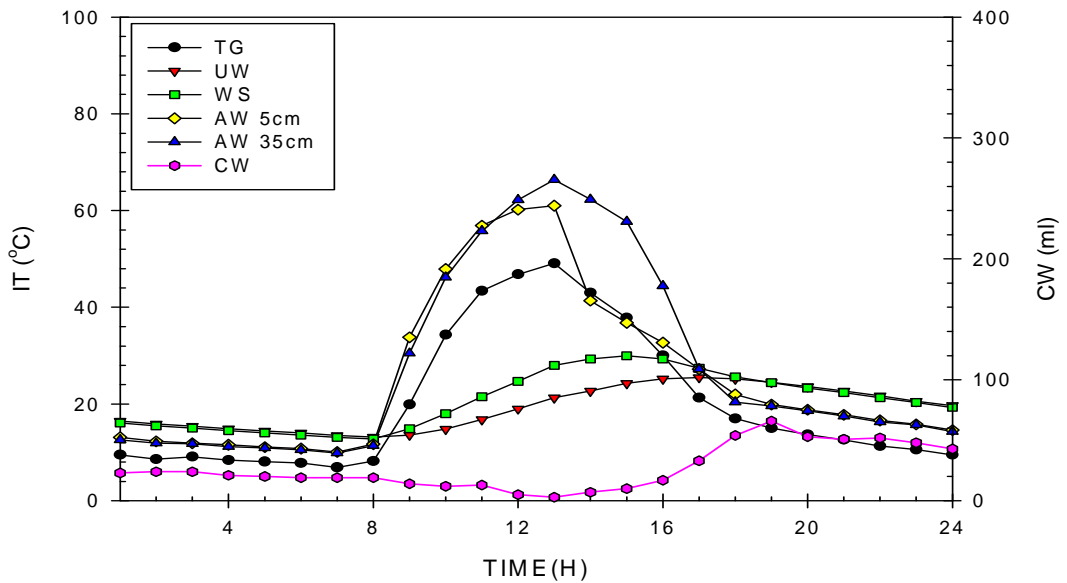


Fig. 47 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.11.12)

Fig. 44는 가을철 맑은 날씨의 경사각이  $60^\circ$  에서 높이에 따른 내부온도와 생성된 응축수량과의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 높은 일사량의 영향으로 높은 내부온도를 보여주고 있으며 내부온도가 증가하는 시간대엔 응축수의 생산이 거의 없음을 알 수 있고 물의 온도가 다른 높이들의 내부온도보다 높아진 시간에 응축수의 생산량이 최대였고 서서히 감소하였다. Fig. 45, Fig. 46, Fig. 47은 경사각이  $45^\circ$  ,  $30^\circ$  ,  $15^\circ$  인 경우 높이에 따른 내부온도와 생성된 응축수량과의 관계를 나타낸 그래프이며, 내부온도의 변화와 응축수의 생산 추이는 비슷한 패턴을 보였다.

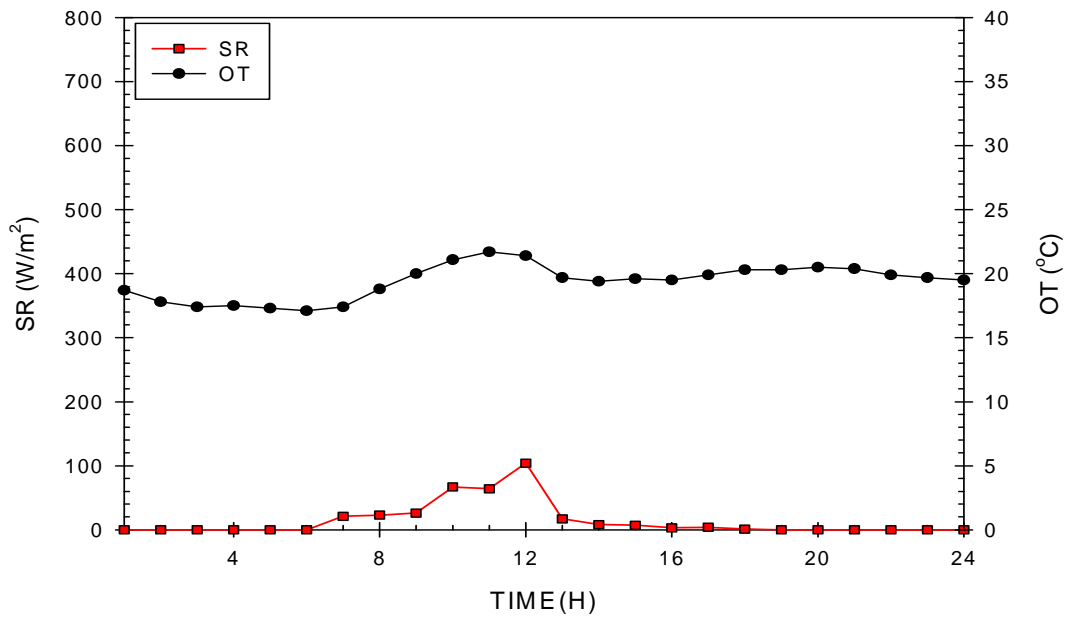


Fig. 48 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Rainy Day (2007.10.07)

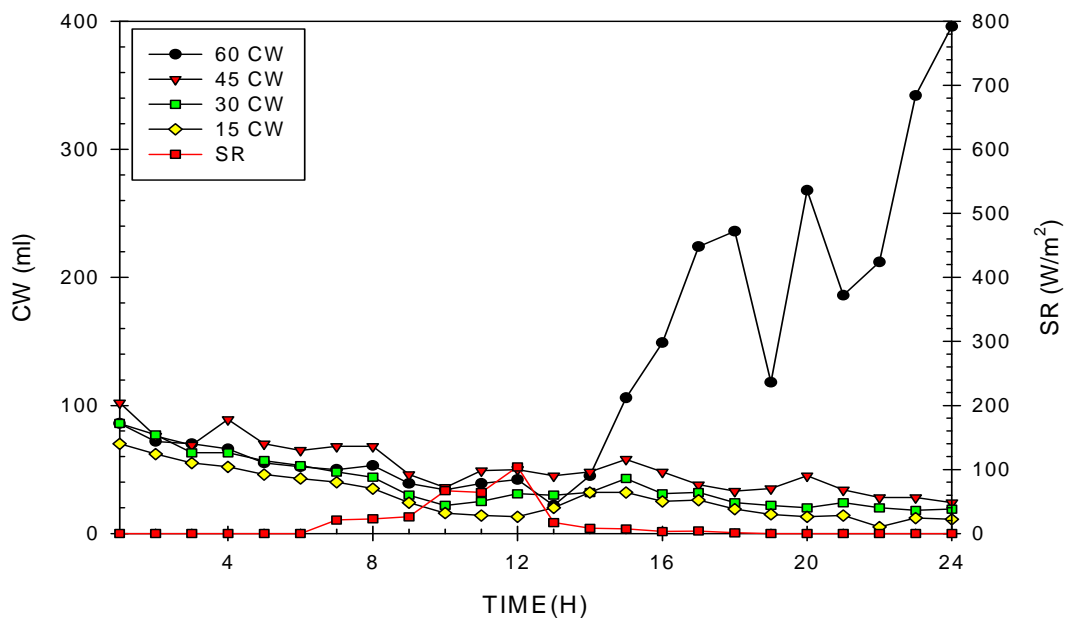


Fig. 49 The Condensed Water and the Solar Radiation on Rainy Day (2007.10.07)

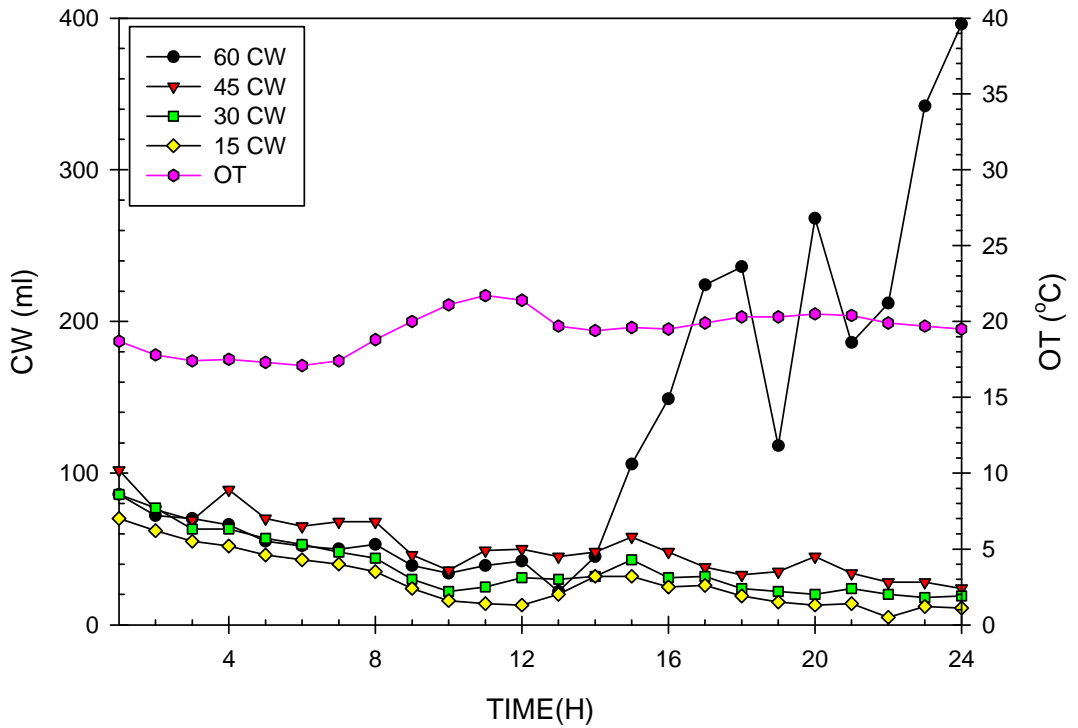


Fig. 50 The Condensed Water and the Outside Temperature on Rainy Day (2007.10.07)

Fig. 48은 가을철 비오는 날의 일사량과 외기온도와의 관계를 시간별로 나타낸 그래프이다. 일사량은 오전 5시경부터 조금씩 측정되다가 오후 1시 이후 부터는 거의 측정되지 않았으며 외기온도는 일사량이 상승하는 시간대에 약간의 상승이 있는 후 감소하며 일사량이 측정되지 않은 시간대부터는 거의 비슷한 온도를 나타내었다.

Fig. 49는 가을철 비오는 날의 경사각별로 생성된 응축수량과 일사량을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 응축수 생산량이 서서히 줄어들지만 빗줄기가 굵어진 오후 2시경부터 경사각이  $60^\circ$  인 곳에서만 응축수의 생산량이 급격히 증가하였으며 빗줄기가 약해진 시간대엔 응축수 생산량이 감소하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 50은 가을철 비오는 날의 경사각별 생성된 응축수량과 외기온도와의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 외기온도의 변화율은 지극히 적으며 경사각이  $60^\circ$  를 제외한 다른 경사각에서는 응축수의 생산은 점차 감소하는 형태를 보여준다.

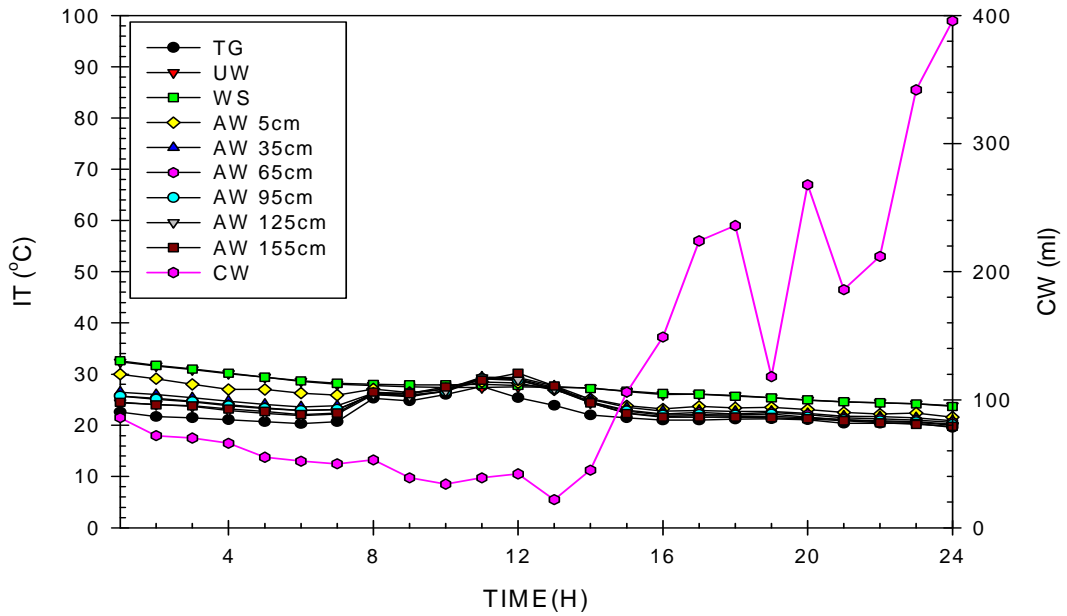


Fig. 51 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Rainy Day (2007.10.07)

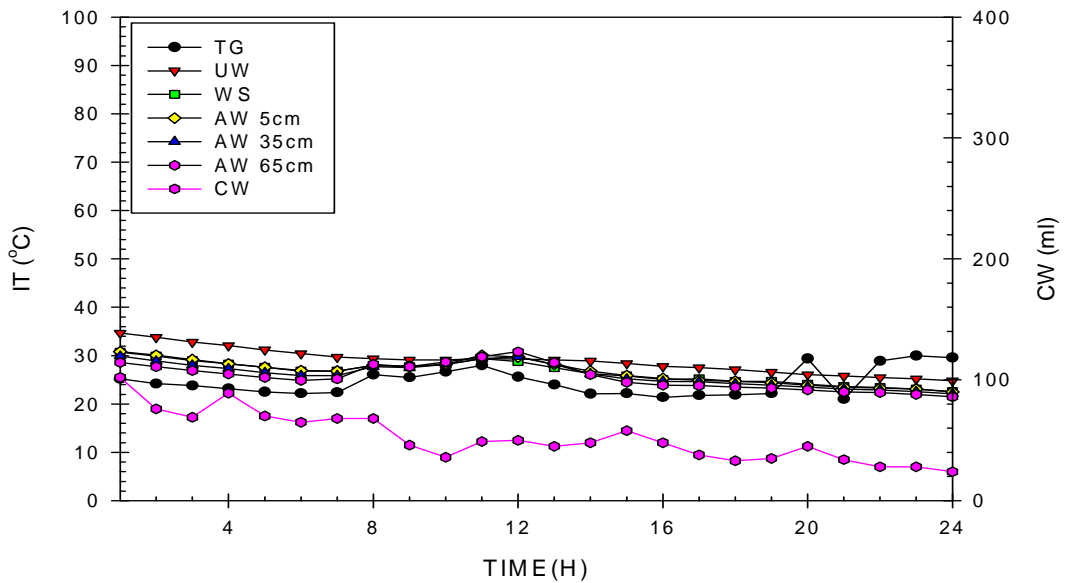


Fig. 52 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Rainy Day (2007.10.07)

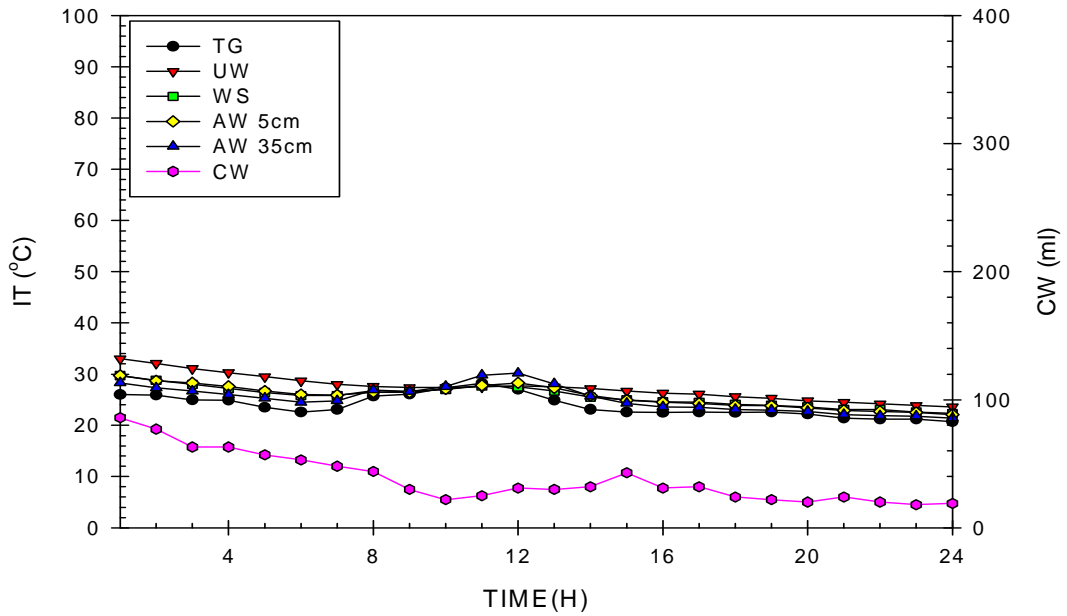


Fig. 53 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Rainy Day (2007.10.07)

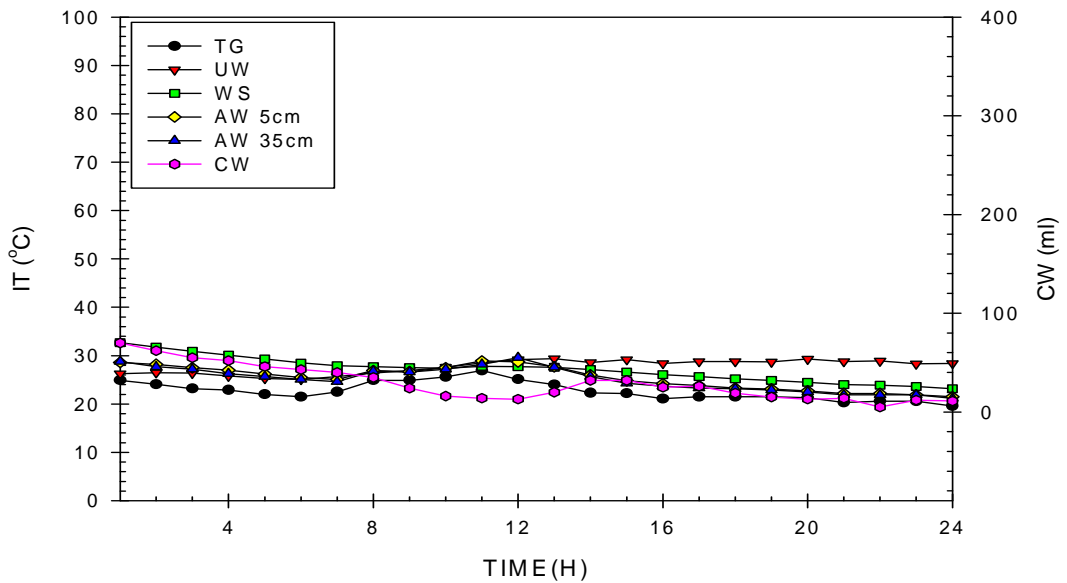


Fig. 54 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Rainy Day (2007.10.07)

Fig. 51, Fig. 52, Fig. 53, Fig. 54는 경사각이  $60^\circ$  ,  $45^\circ$  ,  $30^\circ$  ,  $15^\circ$  높이에 따른 내부온도를 나타내는 그래프이다. 일사량이 거의 없어 내부의 온도변화는 거의 변화가 없으며 응축수의 생산도 빗줄기가 굵어지기 전까지는 점차 감소하는 형태로 모든 경사각에서 비슷한 추이를 보였으나, 빗줄기가 굵어진 시간부터는 경사각이  $60^\circ$  에서 응축수의 생산이 매우 활발해졌다.



### 4.1.4 겨울

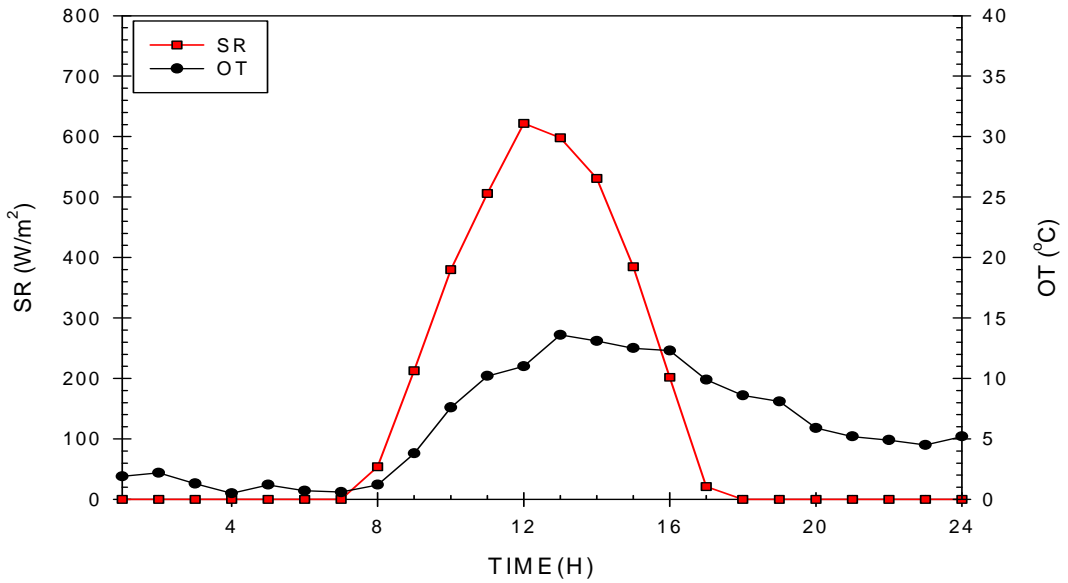


Fig. 55 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day (2007.12.01)

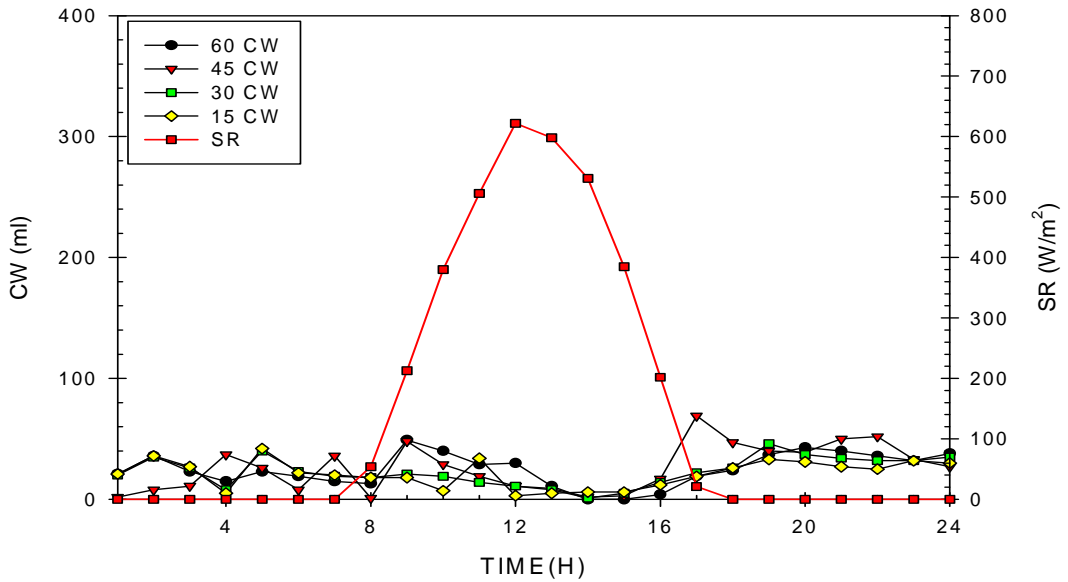


Fig. 56 The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day (2007.12.01)

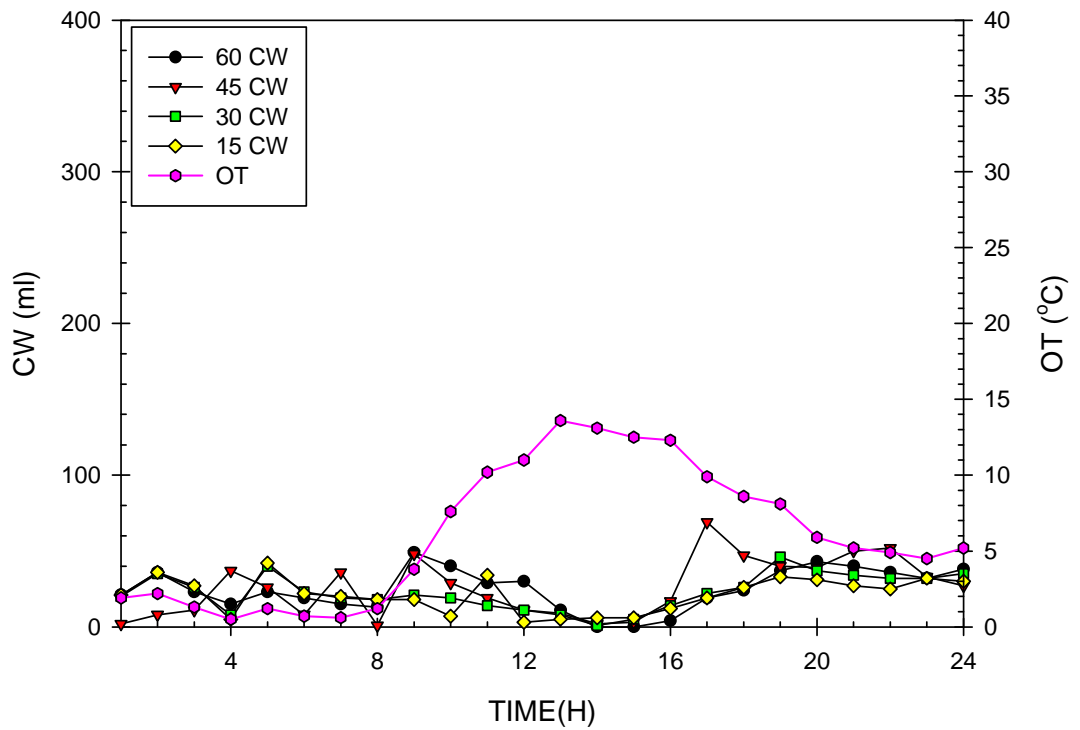


Fig. 57 The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.12.01)

Fig. 55는 겨울철 12월 맑은 날씨의 일사량과 외기온도를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 겨울철이지만 최고 일사량은  $600 W/m^2$  이상 여름철보다 높게 측정되었는데 이는 타원형으로 된 지구의 공전궤도에서 겨울철이 태양과 지구가 가깝기 때문이다. 새벽의 외기온도는  $2^{\circ}C$ 로 매우 낮았고 일사량이 급격히 증가하는 시간대에 외기온도도 급격히 증가하며 일사량보다 늦게 최고온도에 도달하며, 일사량은 급격히 감소하는 반면 외기온도는 서서히 감소하였다.

Fig. 56은 겨울철 맑은 날씨의 경사각별로 생성된 응축수량과 일사량을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 응축수의 생산량이 불규칙적인 것을 알 수 있고 그 생성된 응축수량이 비슷한 추이를 나타내고 있다. 일사량이 증가하는 시간대엔 응축수량이 점차 감소하며 다른 계절과는 다르게 일사량이 최고치를 나타낸 후 1~2시간 후부터 응축수가 거의 생성되지 않았으며 일사량이 거의 측정되지 않는 시간대부터 응축수가 조금씩 생성되기 시작하였다.

Fig. 57은 겨울철 맑은 날씨의 경사각별 생성된 응축수량과 외기온도의 관계를 시간별로 나타낸 그래프이다. 외기온도가 낮은 시간대인 새벽엔 응축수도 적은 양을 생산하였고 최고온도를 나타낸 후 감소하기 시작하는 시간대에 응축수의 생산량이 서서히 증가하였지만 그 양은 적었다.

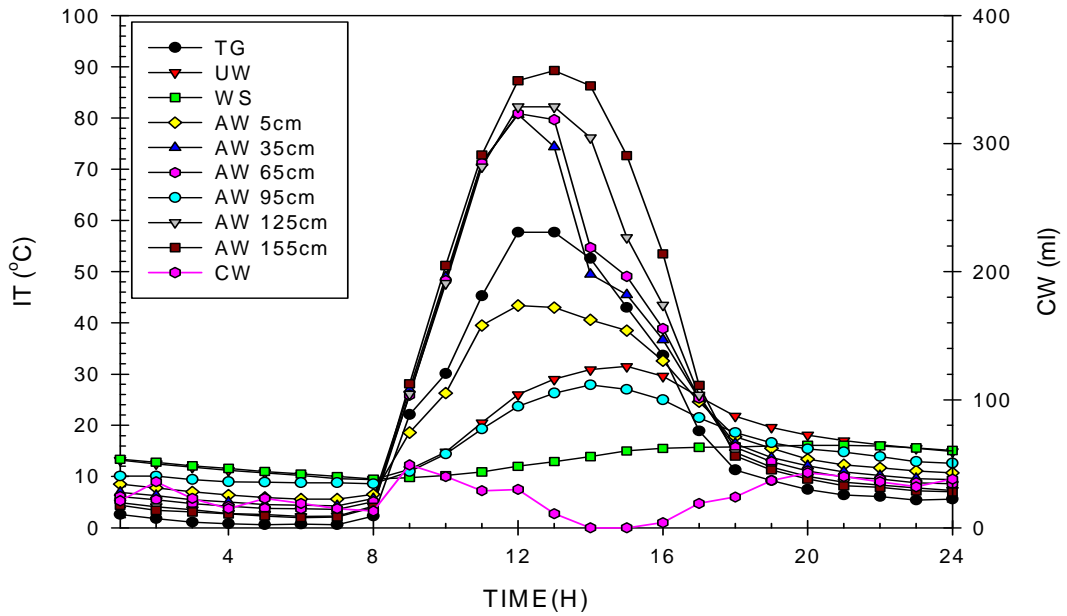


Fig. 58 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.12.01)

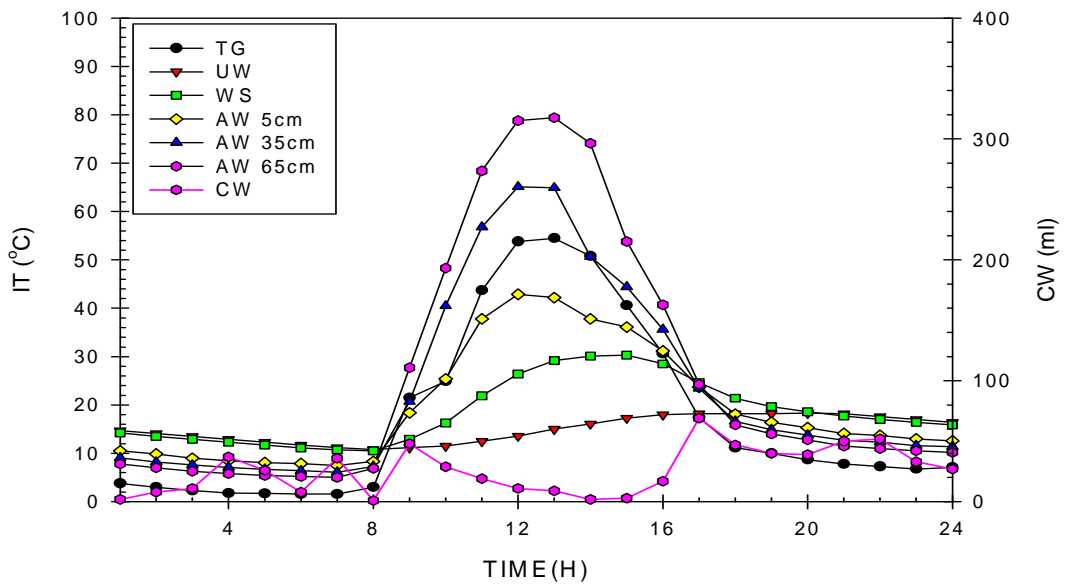


Fig. 59 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.12.01)

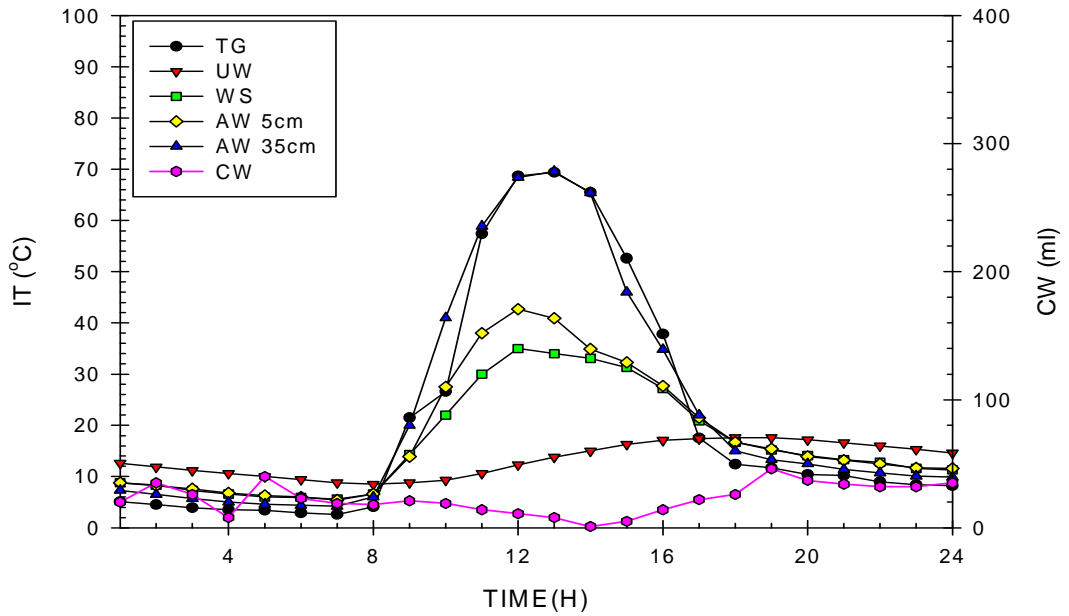


Fig. 60 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.12.01)

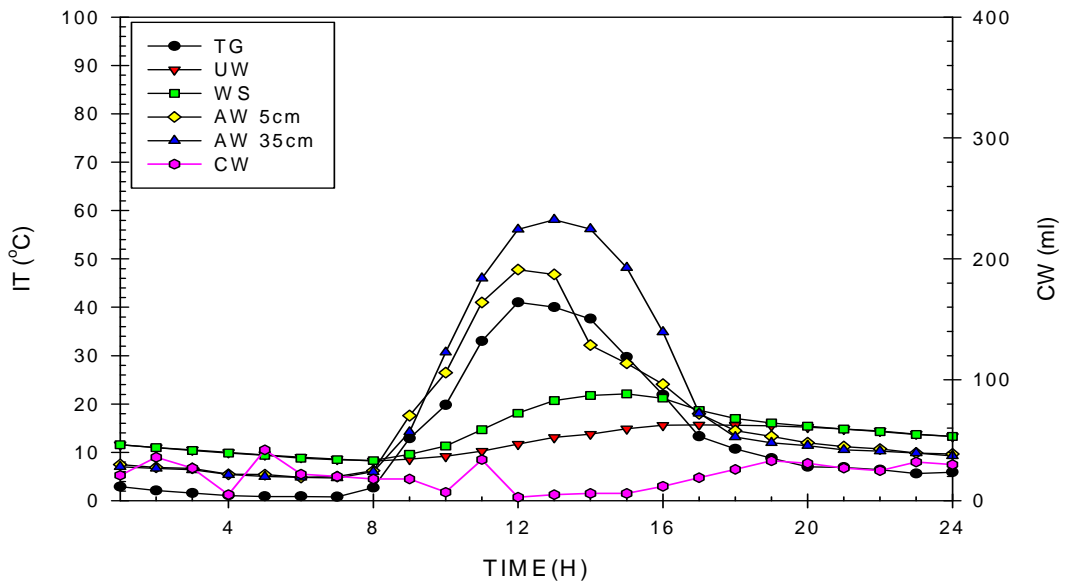


Fig. 61 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.12.01)

Fig. 58, Fig. 59, Fig. 60, Fig. 61은 각 경사각별 높이에 따른 내부온도와 경사각별 생성된 응축수량을 시간별로 나타낸 그래프이다. 경사각이  $60^\circ$  에서 높이에 따른 내부온도는 일사량의 변화와 비슷한 추이를 보이며 상승하고 감소하였고, 다른 경사각에서도 비슷한 패턴을 보였다. 경사각이  $60^\circ$  와  $45^\circ$  가 시간에 따라 응축수 생산 추이와 생산량이 비슷하였고, 경사각이  $30^\circ$  와  $15^\circ$  가 비슷한 추이를 나타냈다.

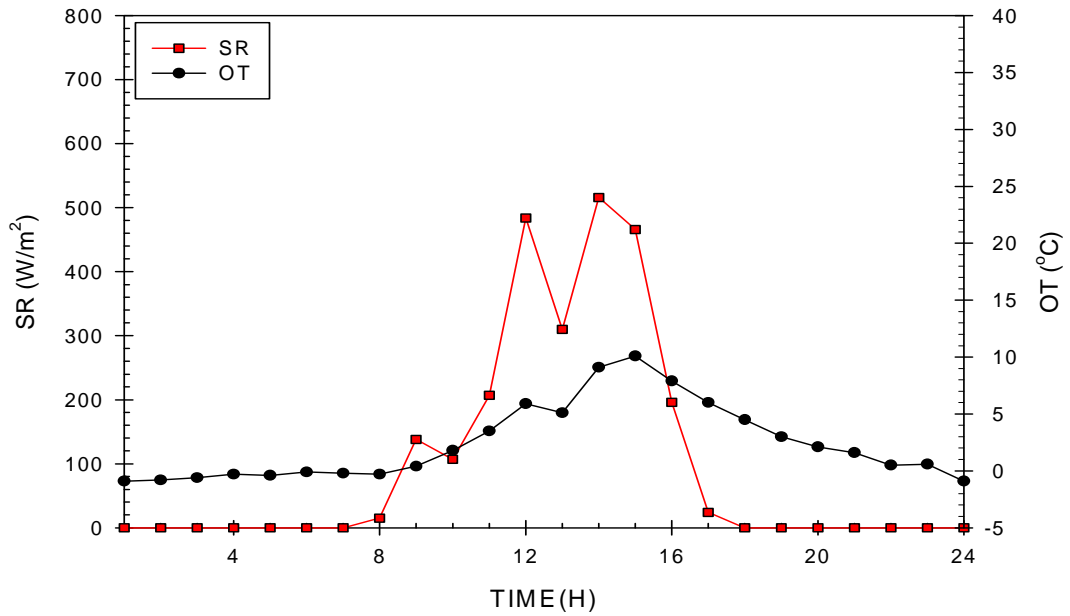


Fig. 62 The Solar Radiation and the Outside Temperature after Snow Day (2008.01.03)

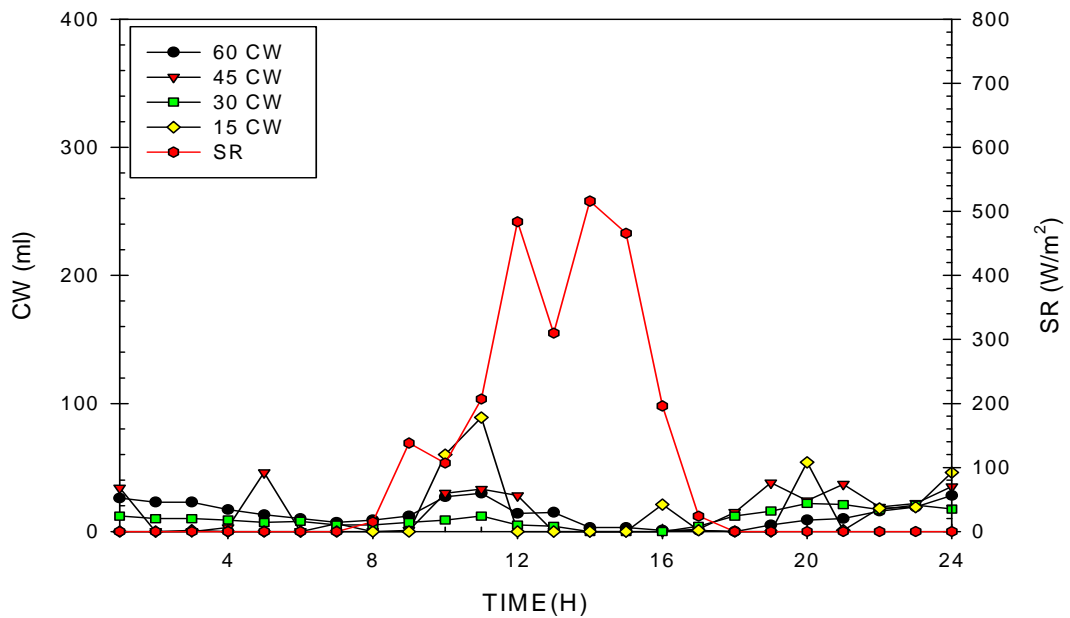


Fig. 63 The Condensed Water and the Solar Radiation after Snow Day (2008.01.03)

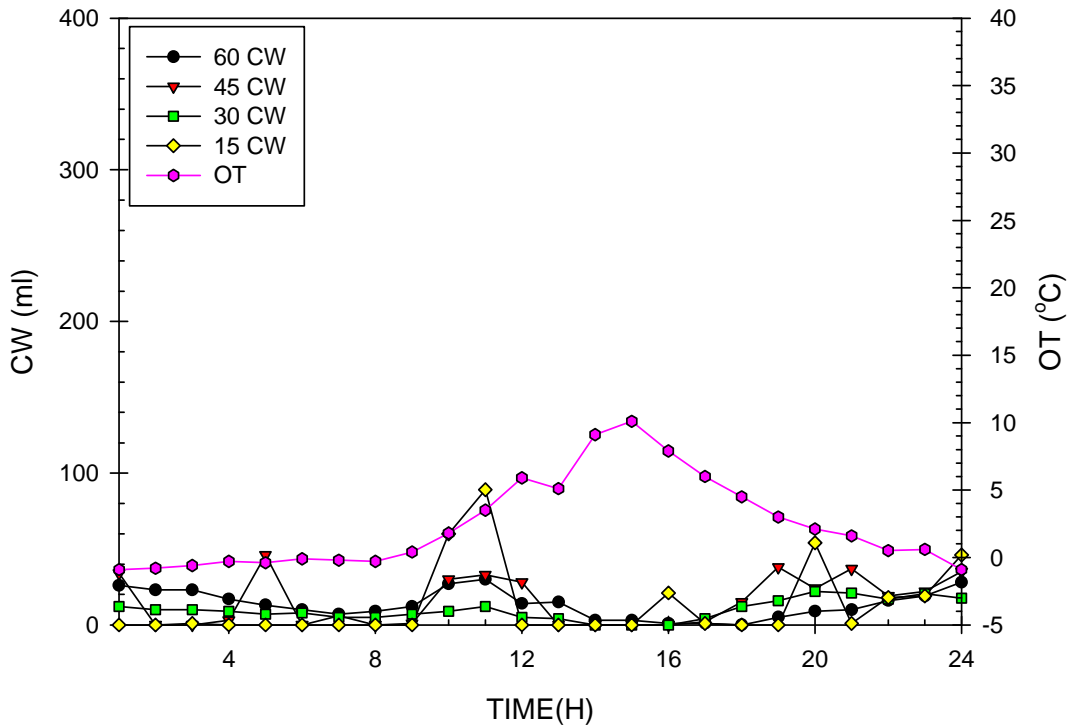


Fig. 64 The Condensed Water and the Outside Temperature after Snow Day (2008.01.03)



Fig. 62는 겨울철 전날 폭설이 내린 후 맑은 날씨의 일사량과 외기온도의 관계를 시간별로 나타낸 그래프이다. 일사량은 아침 8시경부터 오후 5시경까지 짧은 시간동안 측정되었고, 외기온도는 일사량의 변화에 비슷한 추이를 보이며 일사량이 최고치로 측정된 1시간 후에 최고온도를 나타내었다.

Fig. 63은 겨울철의 전날 폭설이 내린 맑은 날씨의 시간에 따라 생성된 응축수량과 일사량을 시간별로 나타낸 그래프이다. 아침 8시경부터 일사량이 증가하기 시작하여 오후 2시경 최고치를 나타낸 후 감소한 후 오후 6시경부터는 측정되지 않았다. 생산된 응축수량은 불규칙적이고 경사각별로 비슷한 추이를 보였고, 맑은 날씨와는 다르게 일사량이 감소하더라도 응축수의 생산량은 매우 적었다.

Fig. 64는 겨울철의 전날 폭설이 내린 맑은 날씨의 시간에 따라 생성된 응축수량과 외기온도를 시간별로 나타낸 그래프이다. 일사량이 증가하는 시간대부터 외기온도는 점차 상승하여 오후 3시경 최고온도를 나타낸 후 서서히 감소하였다.

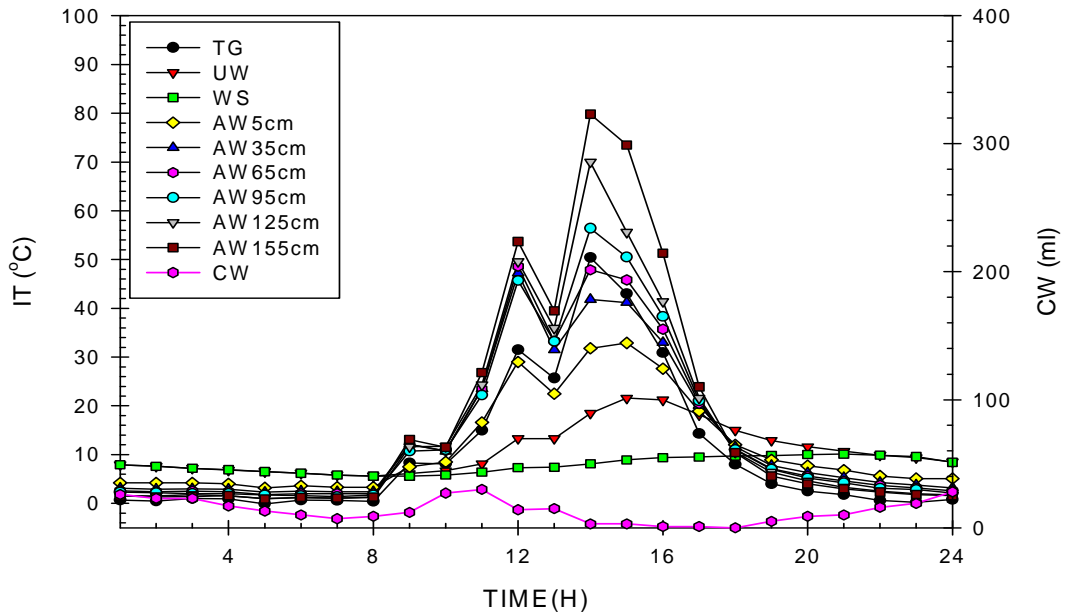


Fig. 65 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° after Snow Day (2008.01.03)

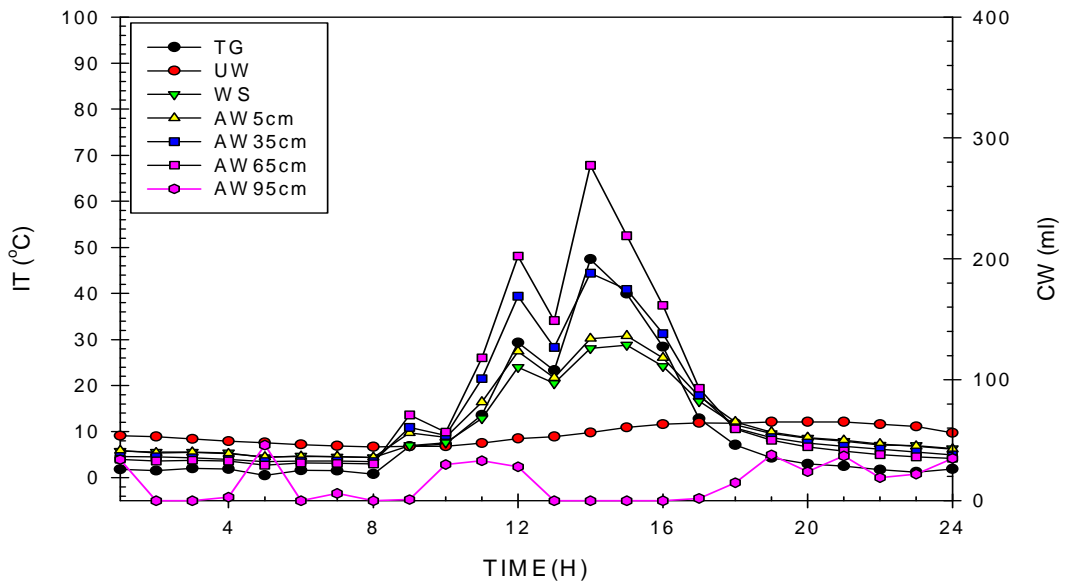


Fig. 66 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° after Snow Day (2008.01.03)

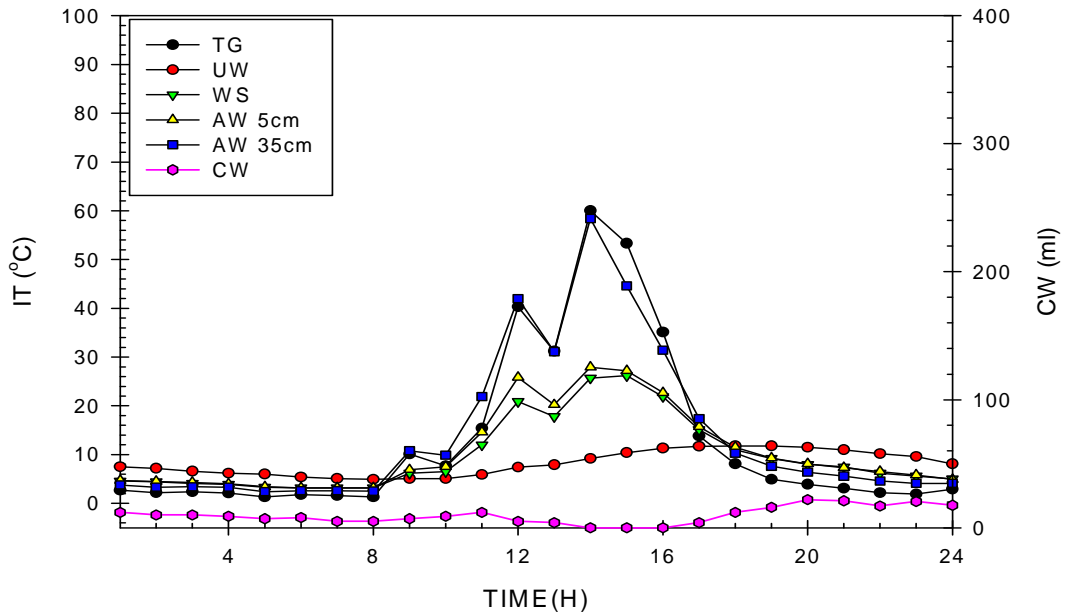


Fig. 67 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° after Snow Day (2008.01.03)

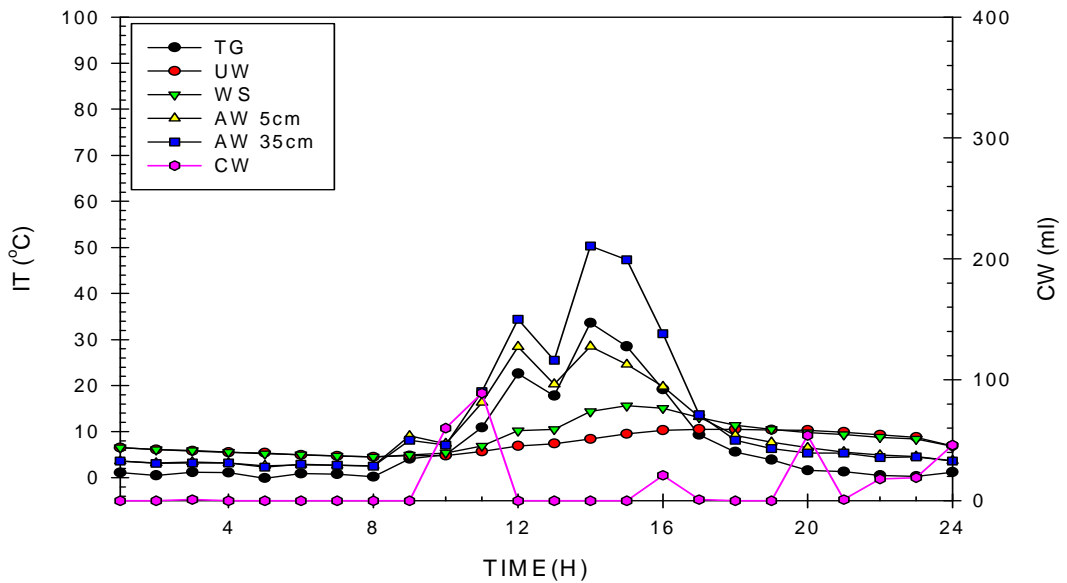


Fig. 68 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° after Snow Day (2008.01.03)

Fig. 65, Fig. 66, Fig. 67, Fig. 68은 겨울철의 전날 폭설이 내린 맑은 날씨의 경사각이  $60^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $15^\circ$  인 경우 높이에 따른 내부온도와 응축수량을 시간별로 나타낸 그래프이다. 경사각도별 내부온도 변화는 일사량 변화와 비슷하고, 생성된 응축수량은 전반적으로 비슷한 형태를 보였지만 경사각이  $45^\circ$  와  $15^\circ$  의 경우 응축수 생산량이 불규칙적이었다.

## 4.2 월 평균 응축수량과 경사각의 영향

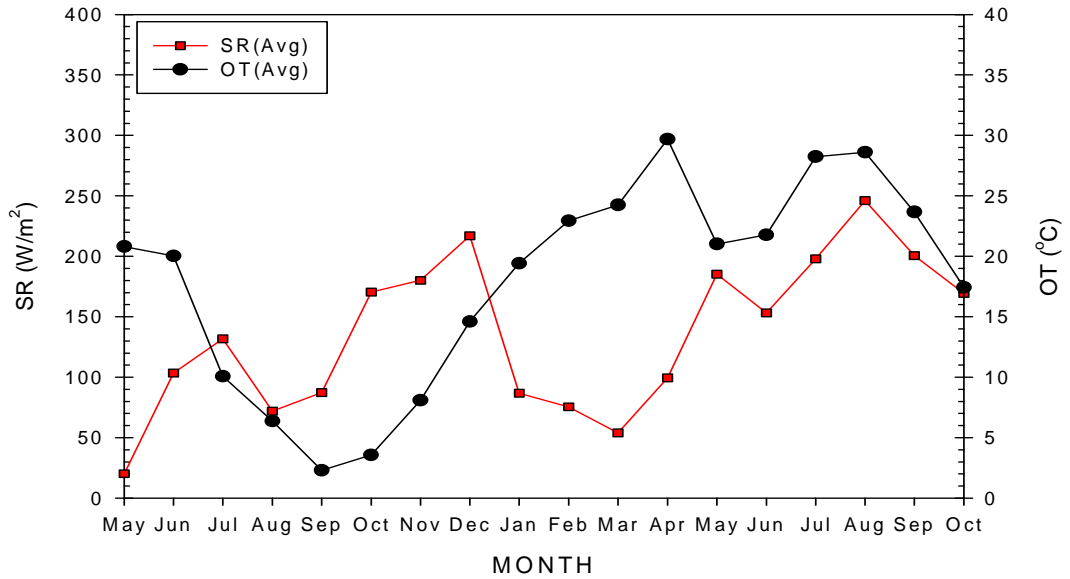


Fig. 69 The Solar Radiation and the Outside Temperature (Total Average)  
(2007.05 ~ 2008.04)

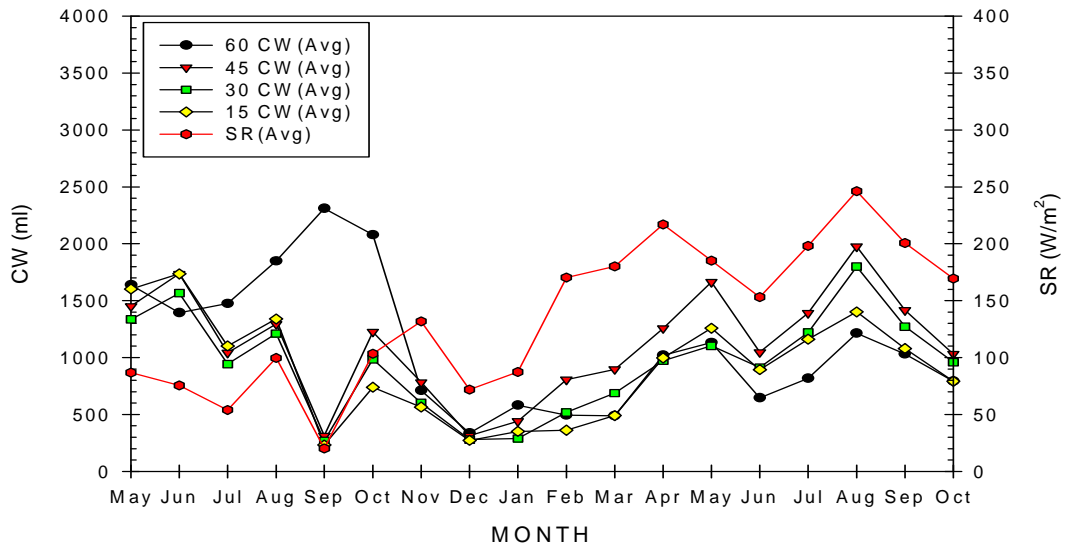


Fig. 70 The Condensed Water and The Solar Radiation (Total Average)  
(2007.05 ~ 2008.04)

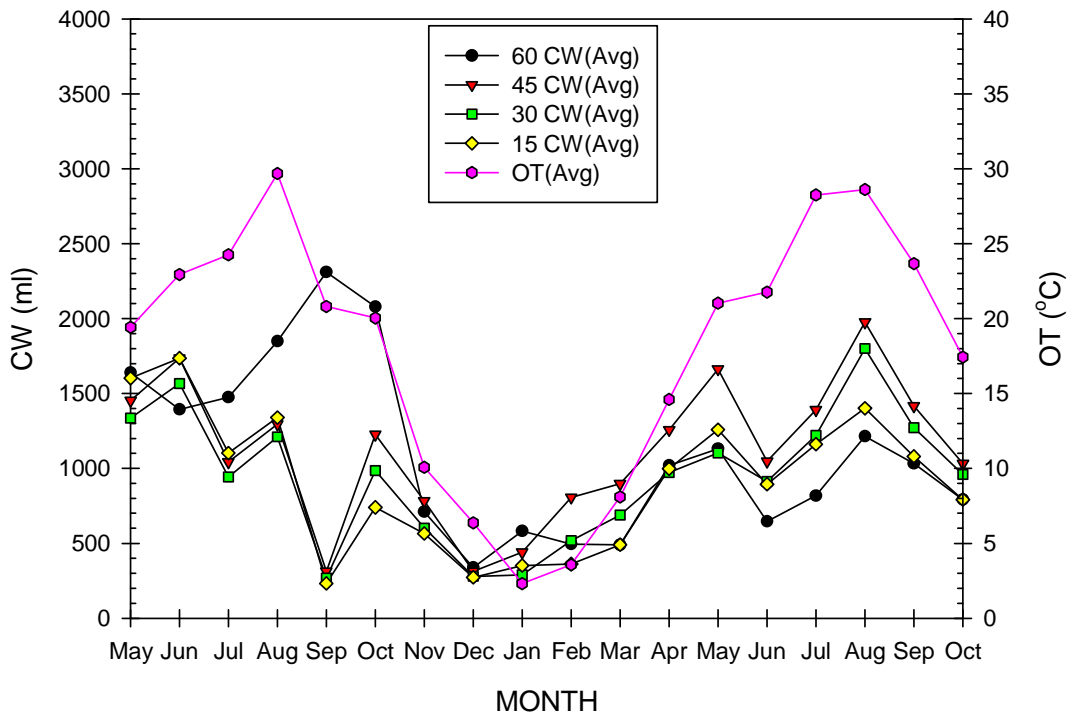


Fig. 71 The Condensed Water and the Outside Temperature (Total Average)  
(2007.05 ~ 2008.04)

Fig 69는 외기 온도와 일사량과의 관계를 나타내는데 상관관계가 크지 않음을 볼 수 있다.

Fig. 70은 외기온도와 응축수량과의 관계를 월에 따라 나타내는데 소나기가 많이 오는 7월과 8월 그리고 9월경에는  $60^{\circ}$ 의 경우가 응축수량이 많음을 보여주고 10월부터 4월까지의 경우는  $45^{\circ}$ 의 경우가 응축수량이 많음을 보여주고 있다. 5월부터 8월까지는  $15^{\circ}$ 와  $30^{\circ}$ 의 경우가 응축수량이 많음을 보여주고 있다. 이는 일사량이 많은 여름철의 경우 경사각이 낮을수록 응축효과가 큼을 나타내고 가을이나 겨울의 경우  $45^{\circ}$ 일 때 응축수량이 더 많음을 보여주고 있다.

Fig. 71은 응축수량과 외기온도를 나타내는데 외기온도가 높으면 응축수량이 많음을 나타내고 있지만 소낙비가 오는 날이나 구름이 많은 양은 상관관계가 적음을 볼 수 있다.

## 4.3 맑은 날

### 4.3.1 월별 일사량과 외기온도

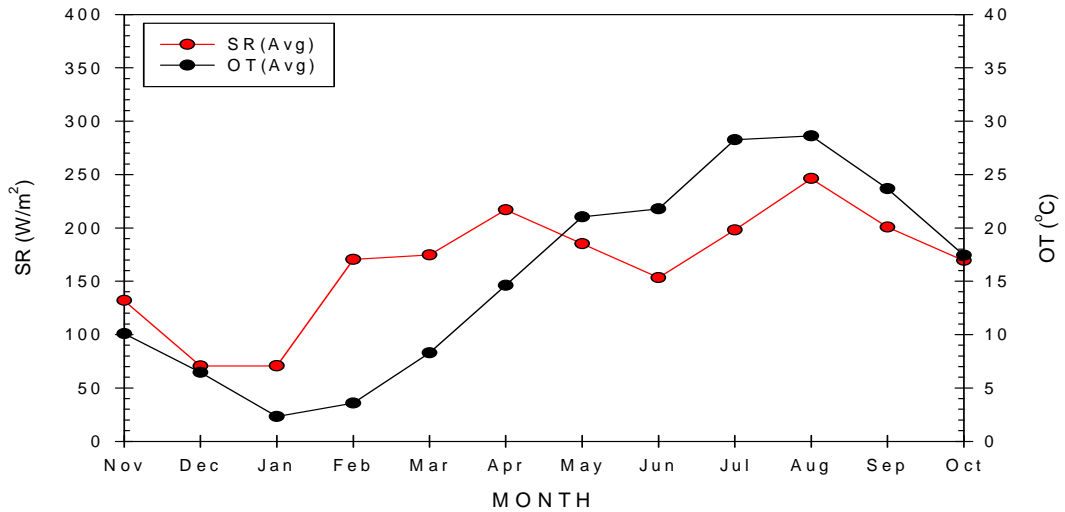


Fig.72 The Solar Radiation and the Outside Temperature  
(2007.11.~2008.10)

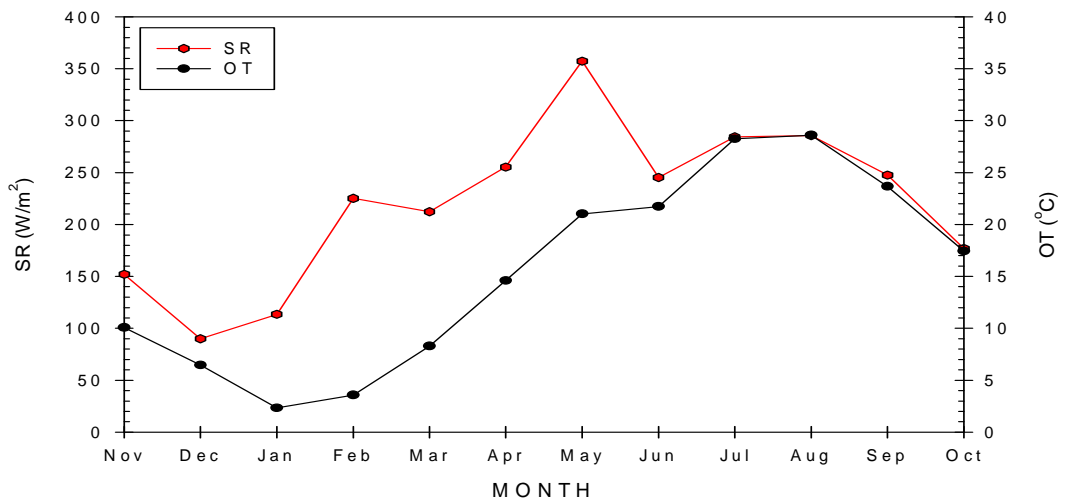


Fig.73 The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear Day  
(2007.11.~2008.10)



Fig.72는 월평균 일사량과 외기온도의 관계를 나타내고 Fig.73은 맑은날의 월평균일사량과 외기온도를 나타낸다.

외기온도는 1월이 2℃로 가장 낮고 8월 까지 증가하였으며 9월부터는 서서히 감소함을 나타낸다.

일사량은 12월이 가장 낮고 5월이 가장 높음을 나타내었으며 6월이 약간 감소함을 보였는데 이는 맑은 날씨지만 구름의 영향으로 추정된다. 실제 이는 연중 외계의 일사량과 정반대의 현상을 나타내고 있는데 이는 북반구에서 지축의 경사 때문이다.

### 4.3.2 월별 일사량과 경사각에 따른 응축수

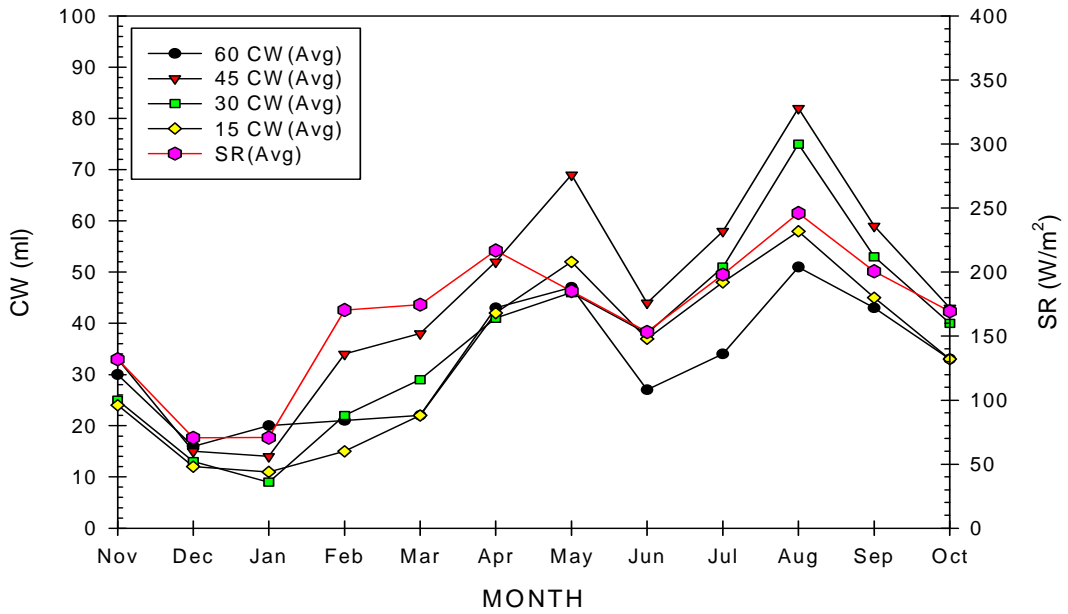


Fig.74 The Condensed Water and the Solar Radiation (2007.11.~2008.10)

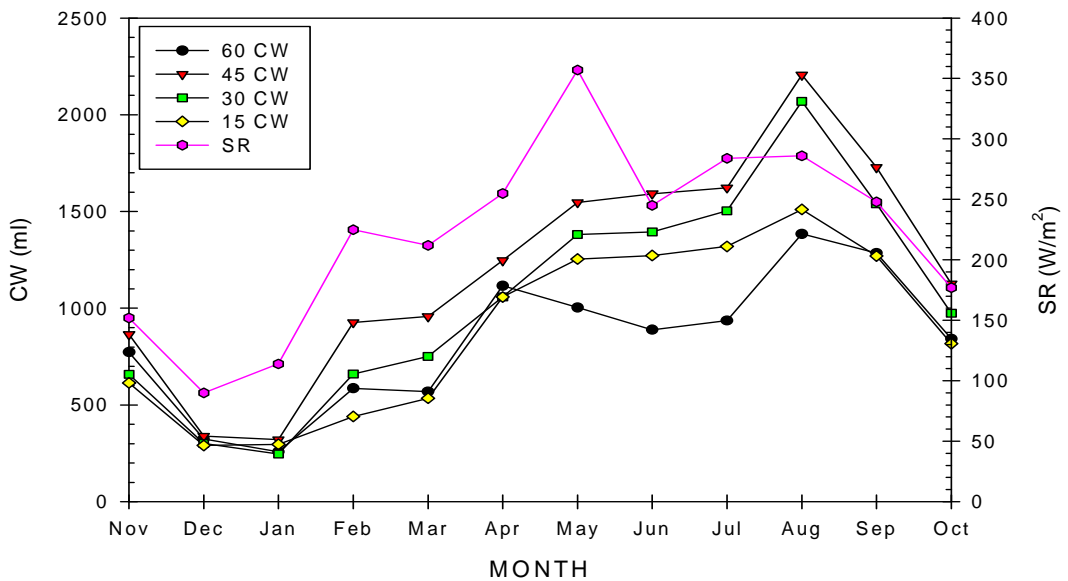


Fig.75 The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear Day (2007.11.~2008.10)

Fig.74는 년 평균 일사량과 응축수량을 나타내고, Fig.75는 경사각이 15°, 30°, 45°, 60°의 경우 맑은 날의 월별 일평균 응축수량을 나타내는데 경사각이 15°의 경우 1년 평균 응축수량이 890 mℓ을 나타내고 있는데 바닥면적이 7,200 Cm<sup>2</sup>일 때 이므로 1일 평균 음용수를 2000 mℓ라고 하면 16,180 Cm<sup>2</sup>의 바닥면적이 필요하다고 생각되며 4,5,6,7,8,9월의 경우가 가뭄이나 홍수가 나는 경우 14,400 Cm<sup>2</sup> 정도면 바닥면적은 충분하다고 생각되며 일사량의 크기와 거의 같은 경향을 나타내고 있음을 보여주고 있다.

경사각이 30°의 경우 4월부터 9월까지 1000 mℓ이상의 응축수량을 나타내고 있다.

경사각이 45°의 경우보다는 생성된 양이 약간 적음을 나타내고 있다.

경사각이 45°의 경우에 1월의 일일 평균 응축수가 320 mℓ로서 제일 적음을 나타내고 있으며 1000 mℓ이상을 나타내고 있는 달은 4,5,6,7,8,9,10월의 7개월 이상이 되어 1년 평균 응축수량이 1207 mℓ가 되어 14400 Cm<sup>2</sup> 정도의 바닥면적으로 하루 필요음용수인 2000 mℓ를 공급하는데 충분하다고 생각된다.

경사각이 45°인 경우가 집열면적이 더 큰 60°의 경우보다 응축수량이 더 많이 생성됨을 보이고 있다.

경사각이 60°의 경우 맑은 날의 월별 일평균 응축수량을 나타내는데 1월 일일 평균 258 mℓ에서 4월에는 1000 mℓ정도를 나타내었는데 바닥면적이 7200 Cm<sup>2</sup>일 때 이므로 1일 평균 음용수를 2000 mℓ라고 하면 14400 Cm<sup>2</sup>의 바닥면적이 필요하다고 생각되며 가뭄이나 홍수가 나는 4,5,8,9월의 경우가 14400 Cm<sup>2</sup>정도면 바닥면적은 충분하다고 생각되며 일사량의 크기와 거의 같은 경향을 나타내고 있음을 보여주고 있다.

### 4.3.3 계절별 맑은 날의 외기온도와 일사량과 응축수량

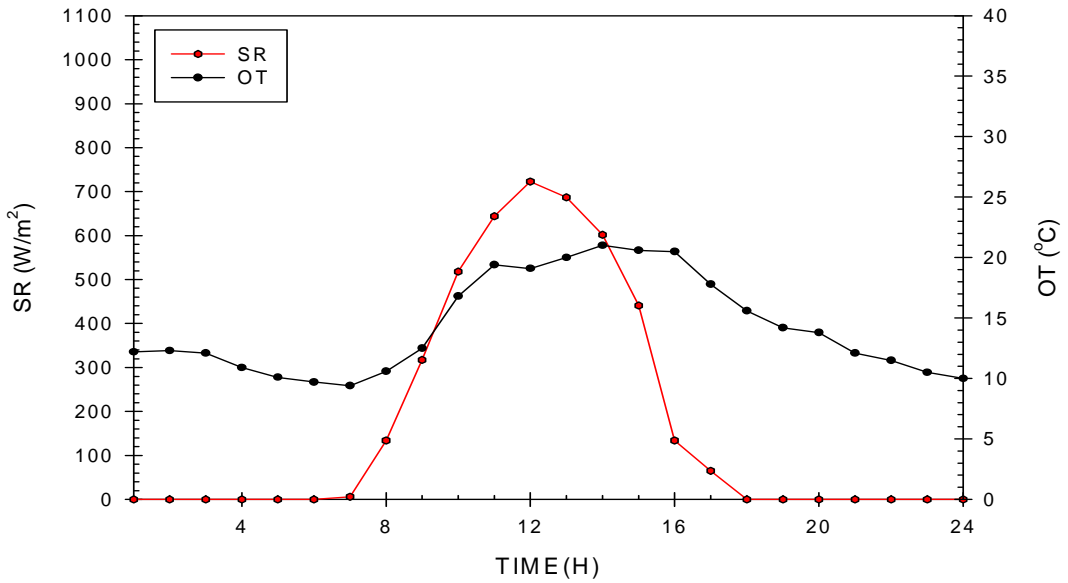


Fig.76 The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear Day of Autumn (2008.10.30)

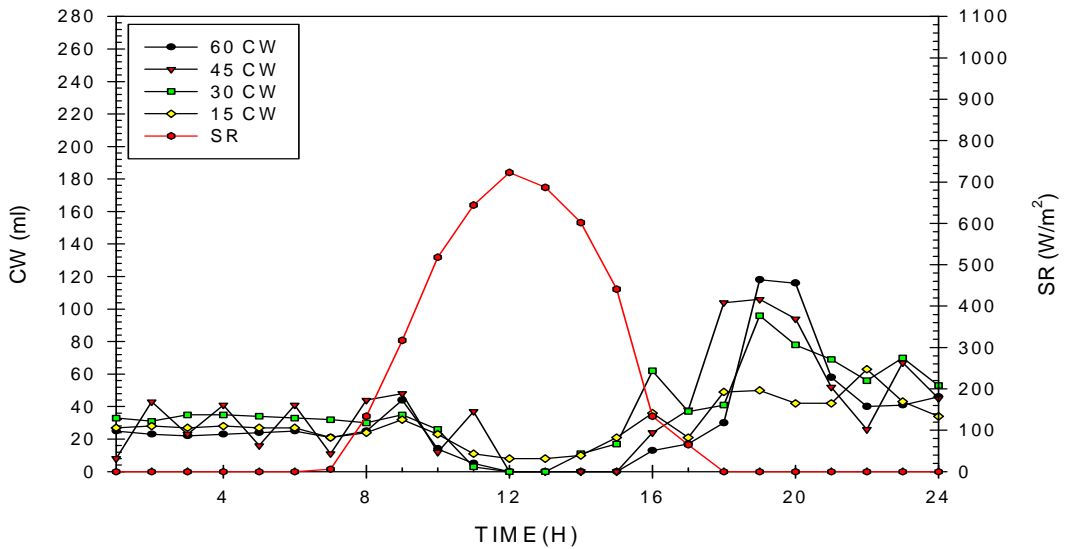


Fig.77 The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear Day of Autumn (2007.10.30)

Fig.76은 10월의 가을 날씨 가운데 맑은 날의 일사량과 외기온도를 나타내는데 외기온도는 해뜨기 전까지 서서히 감소하다가 해가 뜬 후부터 증가하기 시작하여 일사량이 최고치를 나타내는 정오를 지난 후 오후 2시경에 최고치를 나타내었으며 서서히 감소하였다. 최대 일사량은  $723 \text{ W/m}^2$ 를 나타내었고 최고 온도는  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  정도를 나타내었다.

Fig.77은 가을에 해당하는 10월중 맑은 날의 일사량과 경사각에 따른 응축수량을 나타내고 있으며 외기 최고온도가  $21^\circ\text{C}$ 이었으며 일사량은  $723\text{W/m}^2$  이 최고이나 경사각이  $30^\circ$ 의 경우가 응축수량이 가장 많이 생성되었으며 해가 뜬 후 부터는 감소하고 일사량이 없는 해가 진 후 오후 7시 경에 온도차가 크므로 응축수가 최대가 되는 것으로 추정된다.

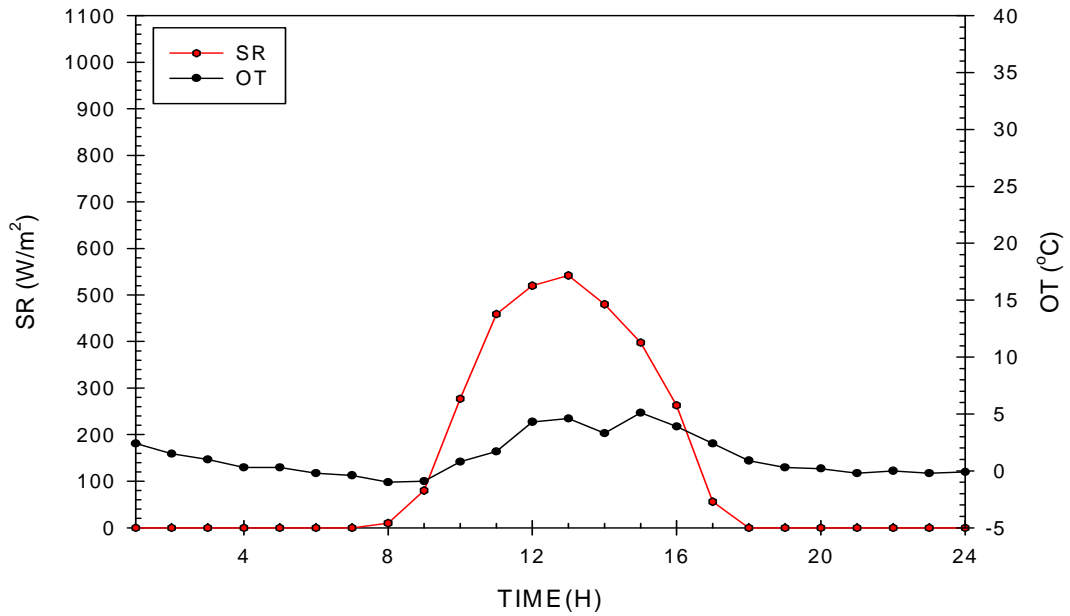


Fig.78 The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear Day of Winter (2008.1.13)

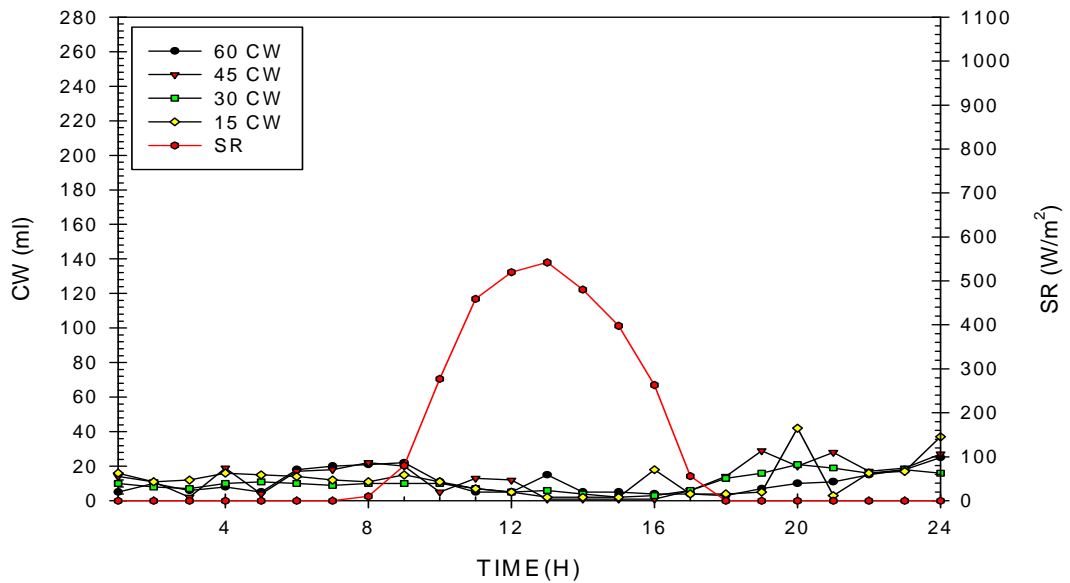


Fig.79 The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear Day of Winter (2008.1.13)

Fig.78은 1월의 겨울 날씨 가운데 맑은 날의 일사량과 외기온도를 나타내는데 외기온도는 해뜨기 전까지 서서히 감소하다가 해가 뜬 후부터 증가하기 시작하여 일사량이 최고치를 나타내는 오후 1시를 지난 후 오후 3시경에 최고치를 나타내었으며 서서히 감소하였다. 최대 일사량은  $540\text{W}/\text{m}^2$ 를 나타내었고 최고 온도는  $5^\circ\text{C}$ 정도를 나타내었다.

Fig.79는 겨울에 해당하는 1월중 맑은 날의 일사량과 경사각에 따른 응축수량을 나타내고 있으며 외기 최고온도가  $5.1^\circ\text{C}$ 이었으며 일사량은  $542\text{W}/\text{m}^2$  이 최고이나 경사각이  $45^\circ$ 의 경우가 응축수량이 가장 많이 생성되었으며 해가 뜬 후 부터는 감소하고 일사량이 없는 해가 진 후 오후 7시 경에 최대치를 보이고 있다.

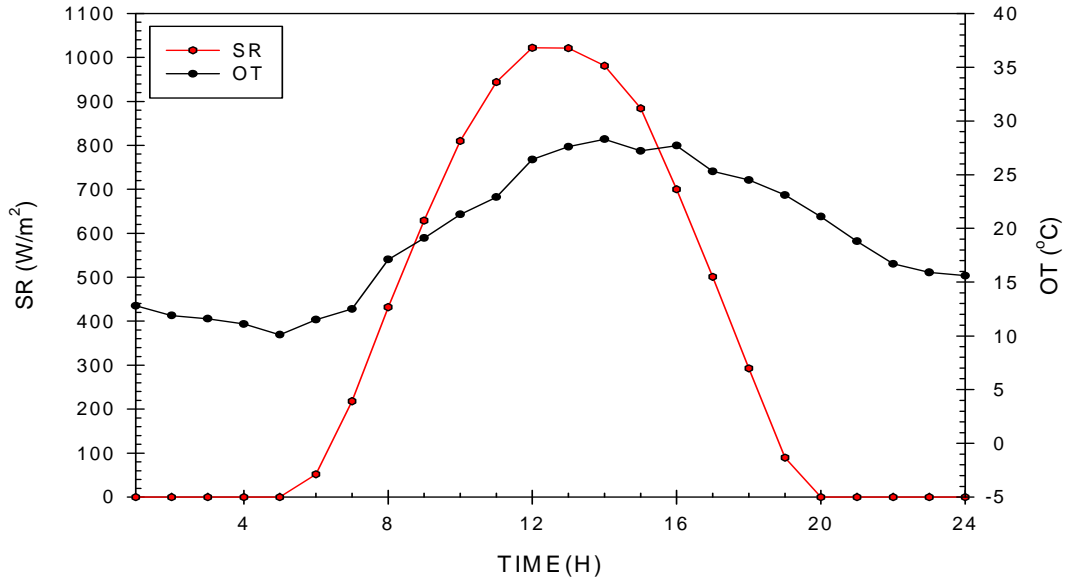


Fig.80 The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear Day of Spring (2008.5.31)

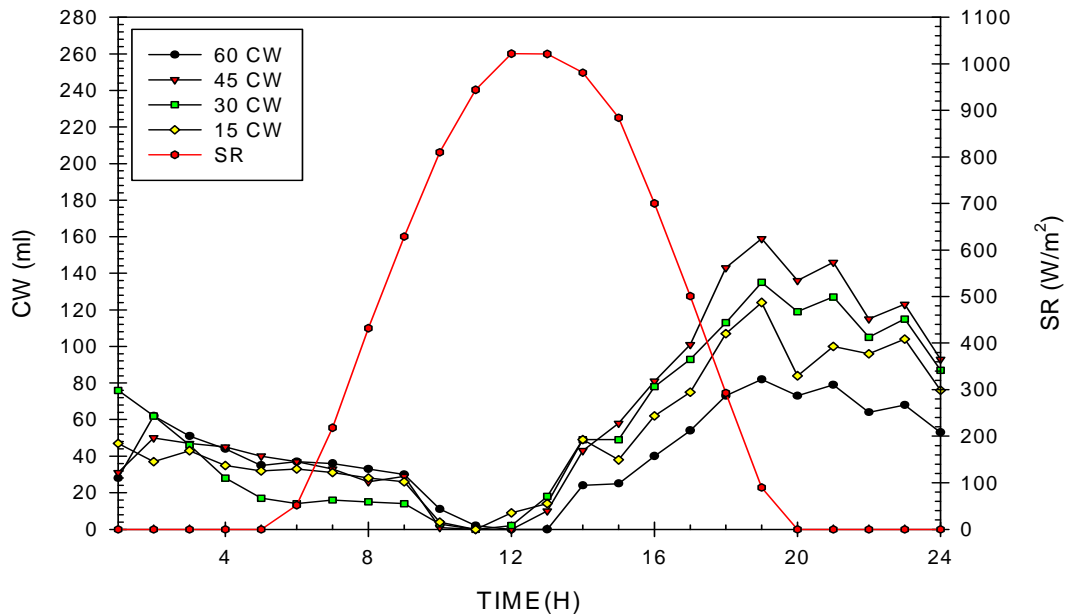


Fig.81 The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear Day of Spring (2008.5.31)



Fig.80은 5월의 봄 날씨 가운데 맑은 날의 일사량과 외기온도를 나타내는데 외기온도는 해뜨기 전까지 서서히 감소하다가 해가 뜬 후부터 증가하기 시작하여 일사량이 최고치를 나타내는 정오를 지난 후 오후 2시경에 최고치를 나타내었으며 서서히 감소하였다. 최대 일사량은  $1022\text{W}/\text{m}^2$ 를 나타내었고 최고 온도는  $28^\circ\text{C}$  정도를 나타내었다.

Fig.81은 봄에 해당하는 5월중 맑은 날의 일사량과 경사각에 따른 응축수량을 나타내고 있으며 외기 최고온도가  $28.3^\circ\text{C}$ 이었으며 일사량은  $1022\text{W}/\text{m}^2$  이 최고이나 경사각이  $45^\circ$ 의 경우가 응축수량이 가장 많이 생성되었으며 해가 뜬 후 부터는 감소하고 일사량이 없는 해가 진 후 오후 7시 경에 최대치를 보이고 있다.

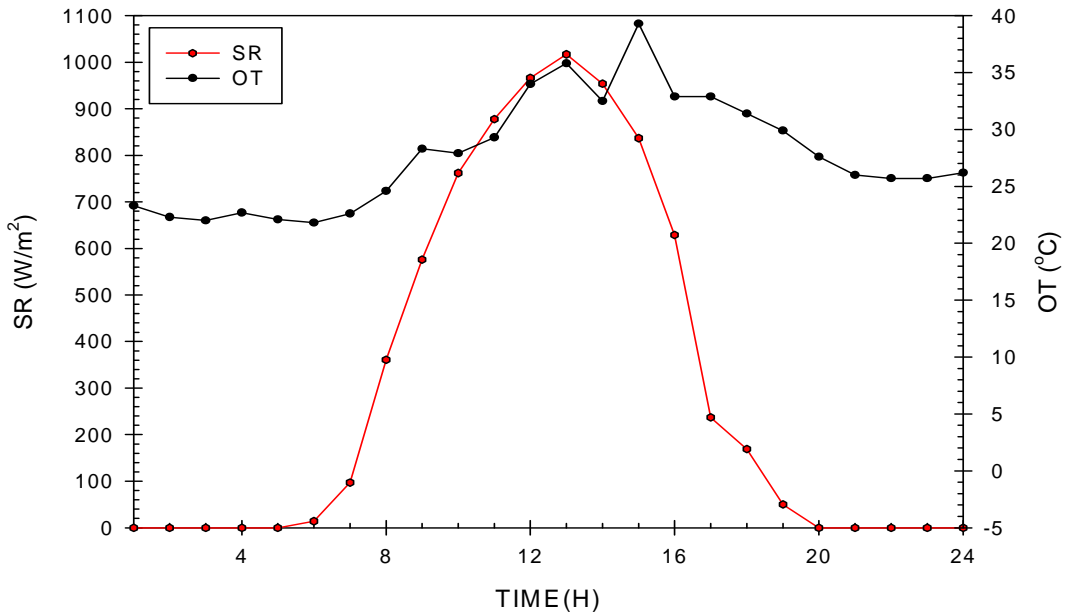


Fig.82 The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear Day of Summer (2008.8.6)

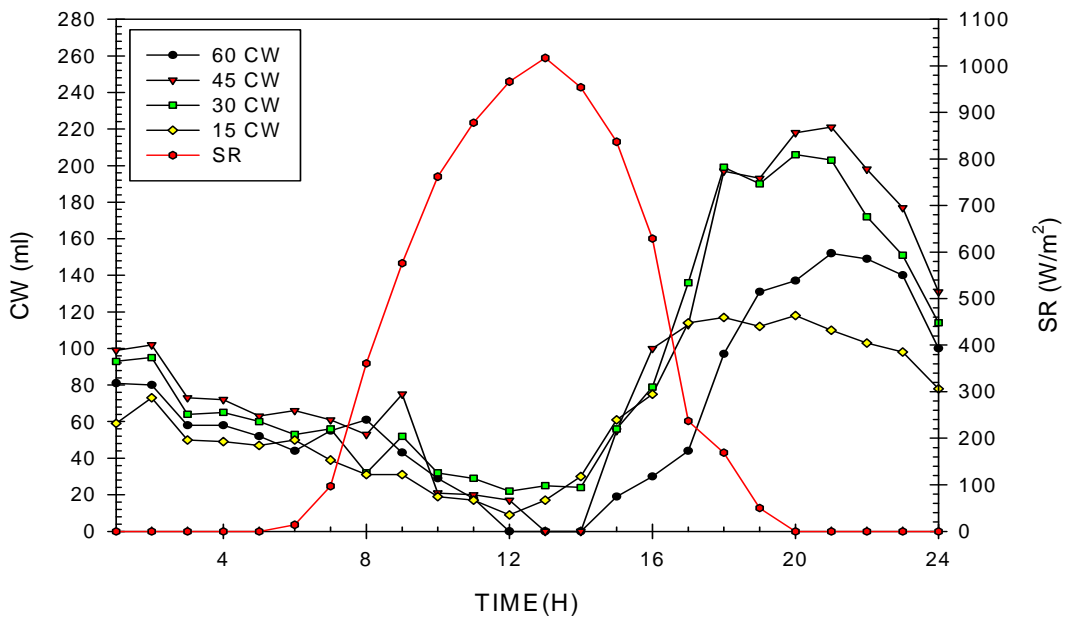


Fig.83 The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear Day of Summer (2008.8.6)

Fig.82는 8월의 여름 날씨 가운데 맑은 날의 일사량과 외기온도를 나타내는데 외기온도는 해뜨기 전까지 서서히 감소하다가 해가 뜬 후부터 증가하기 시작하여 일사량이 최고치를 나타내는 오후 1시를 지난 후 오후 3시경에 최고치를 나타내었으며 서서히 감소하였다. 최대 일사량은  $1017\text{W}/\text{m}^2$ 를 나타내었고 최고 온도는  $39^\circ\text{C}$  정도를 나타내었다.

Fig.83은 여름에 해당하는 8월중 맑은 날의 일사량과 경사각에 따른 응축수량을 나타내고 있으며 외기 최고온도가  $39.3^\circ\text{C}$ 이었으며 일사량은  $1017\text{W}/\text{m}^2$  이 최고이나 경사각이  $45^\circ$ 의 경우가 응축수량이 가장 많이 생성되었으며 해가 뜬 후 부터는 감소하고 일사량이 없는 해가 진 후 오후 9시 경에 최대치를 보이고 있다.

## 4.4 흐린날

### 4.4.1 월별 흐린날과 일사량

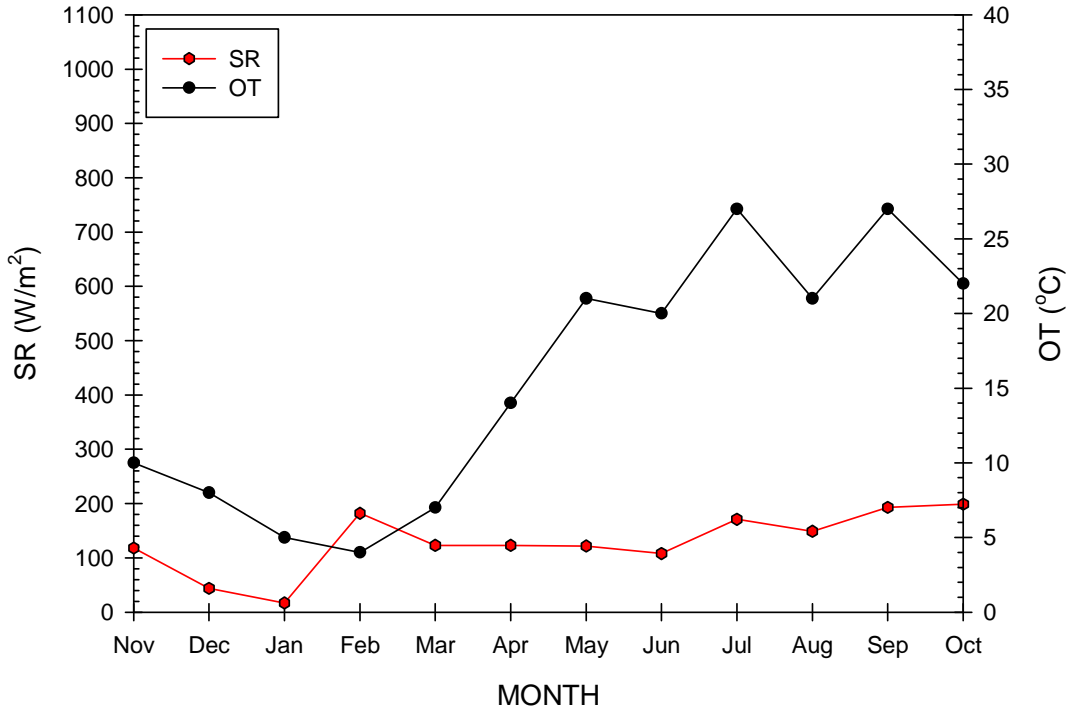


Fig.84 The Solar Radiation and the Outside Temperature in Cloudy Day(2007.11.~2008.08)

Fig.84는 월별 흐린 날의 평균 일사량과 외기온도를 나타낸다. 흐린 날의 일사량은 1월에 가장 낮음을 나타내고 있으며 7월에 가장 높음을 나타내고 있다. 8월이나 10월이 일사량의 변화가 있음은 구름의 영향으로 추정된다.

#### 4.4.2 월별 흐린 날과 경사각에 따른 응축수

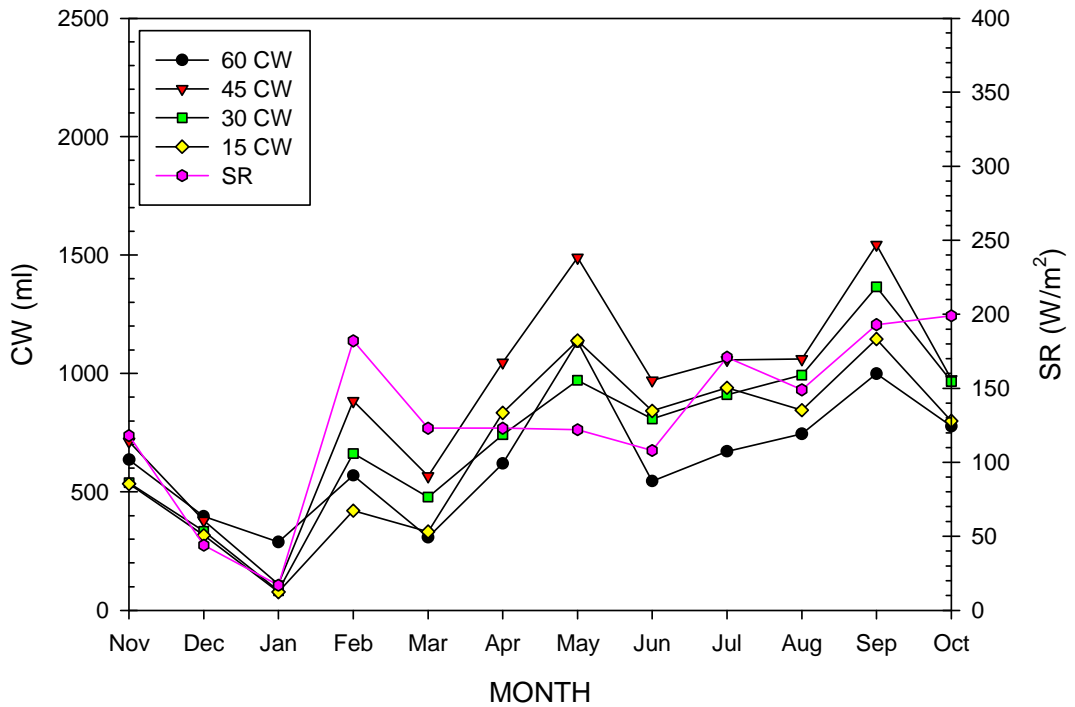


Fig.85 The Condensed Water and the Solar Radiation in Cloudy Day  
(2007.11.~2008.08)

Fig.85는 월별 흐린 날의 평균 일사량과 외기온도를 나타낸다. 흐린 날의 일사량은 1월에 가장 낮음을 나타내고 있으며 7월에 가장 높음을 나타내고 있다.

## 4.5 눈온달

### 4.5.1 눈온달의 일사량과 외기온도와 내부온도

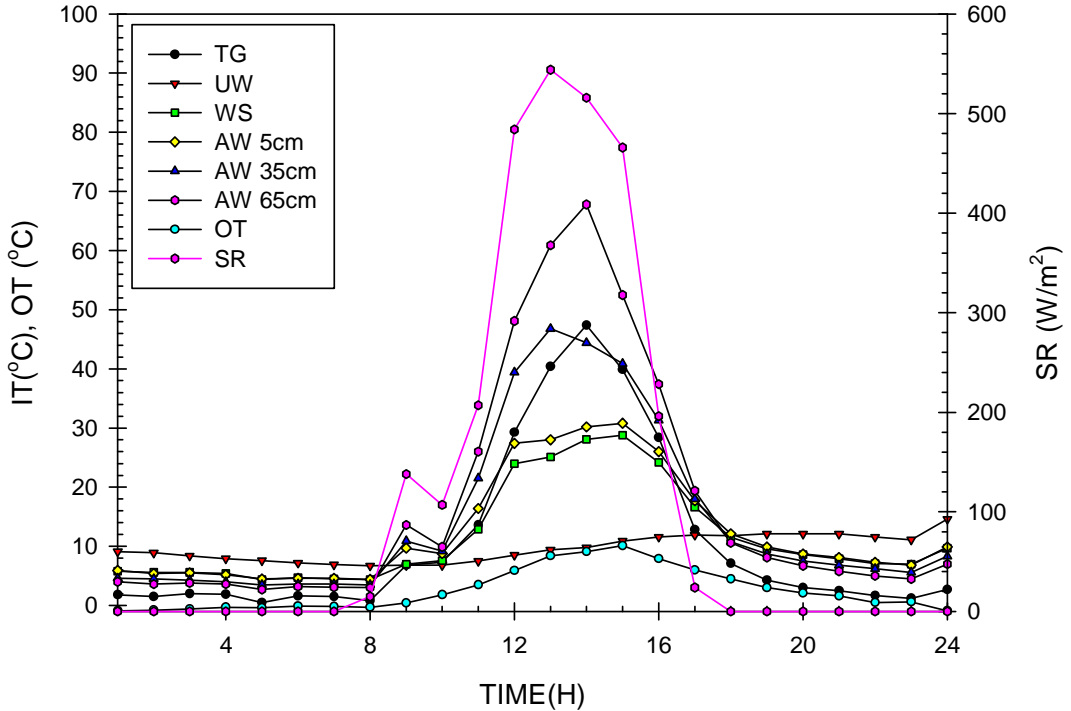


Fig.86 The Inner Temperature of 45° and the Outside Temperature and the Solar Radiation in Snowy Day (2008.1.3)

Fig.86은 1월중 눈온달의 일사량과 외기온도와 내부온도를 나타낸 것으로 일사량의 변화와 내부온도는 거의 같은 형태로 변하는 것을 볼 수 있으며 상부로 올라갈수록 온도가 높음을 볼 수 있다. 일사량이 없는 해가 뜨거나 진 상태에서는 내부온도는 상하부의 차이가 적으나 해가 뜬 후부터는 상하부의 온도차가 증가함을 보이고 있다. 외기온도는 오후 4시경에 약 22°C 정도를 보이고 있으나 내부온도는 상부에 최고 80°C까지를 나타내고 하부는 5°C 정도로 낮았는데 이는 온실효과에 의한 영향이라고 생각된다.

#### 4.5.2 눈온날의 내부온도와 응축수

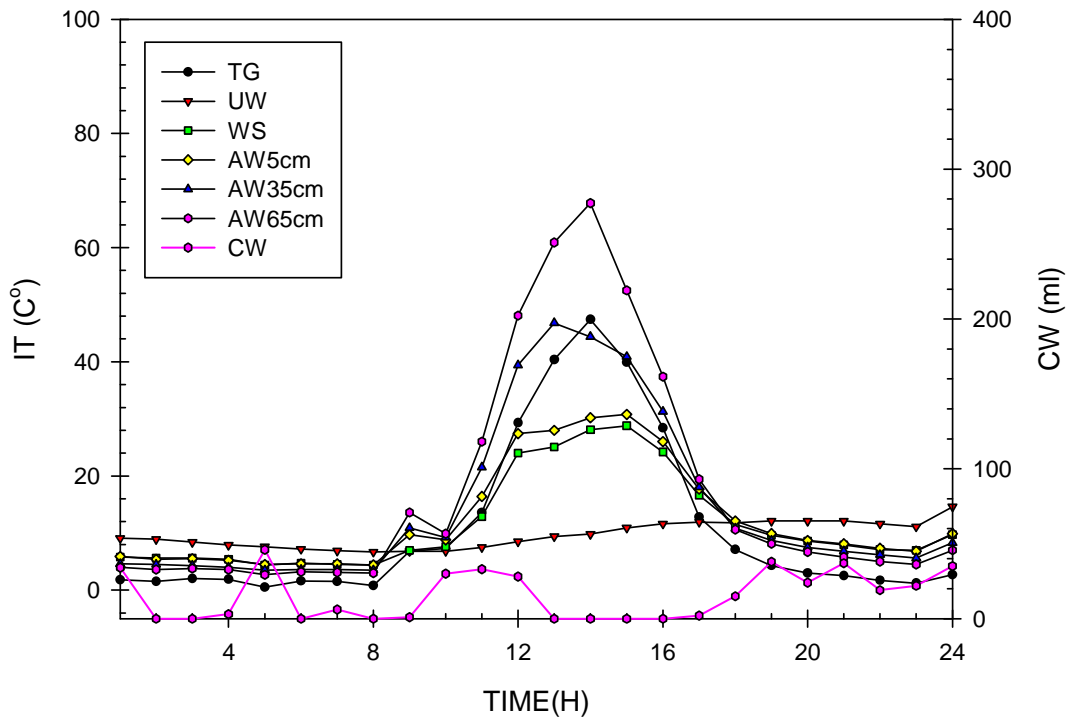


Fig.87 Inner Temperature of 45° and the Condensed Water of 45° (2008.1.3)

Fig.87은 눈온날의 경사각이 45°의 경우 내부온도와 응축수량의 관계를 나타낸다. 내부의 상부온도는 하부와 30°C 정도의 차이를 나타내고 있으며 하부 물의 온도는 거의 차이가 없음을 나타내고 있다. 응축수의 양은 적었으며 오후 6시경 해가진 후부터 응축수는 생성되기 시작하였으나 그 양은 매우 적었다.

### 4.5.3 눈은날의 경사각에 따른 응축수량

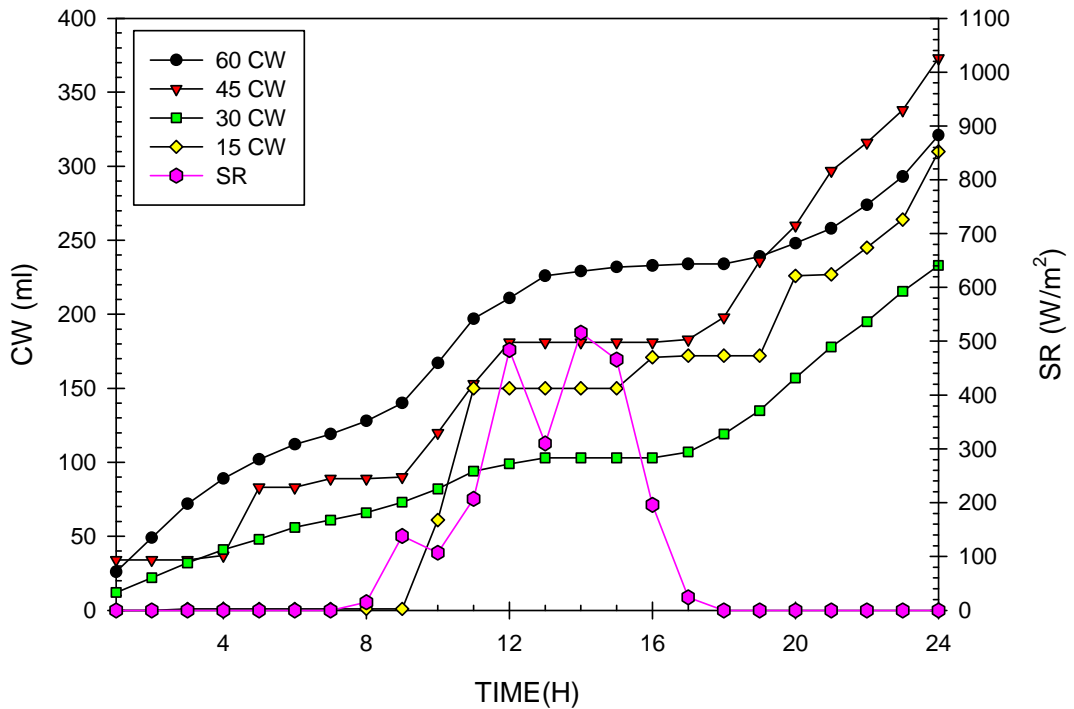


Fig.88 The Condensed Water and the Solar Radiation in Snowy Day(2008.1.3)

Fig.88은 1월중 눈 오는 날의 경사각에 따른 응축수량과 일사량의 관계를 나타내고 있다. 일사량은 8시경 해가 뜨기 시작하여 증가하다 감소하고 다시 증가한 후 감소하였다. 눈이 오는 동안에도 약 500W/m<sup>2</sup>의 일사량이 측정되었으며 일사량이 측정되는 동안 응축수는 생성되지 않았다. 하루 동안 45°의 경우가 가장 많이 생성되었으며 60° 15° 30° 순으로 응축수는 생성되었다.



## 4.6 불규칙한 날

### 4.6.1 맑은 후 비온 날

#### 4.6.1.1 맑은 후 소낙비

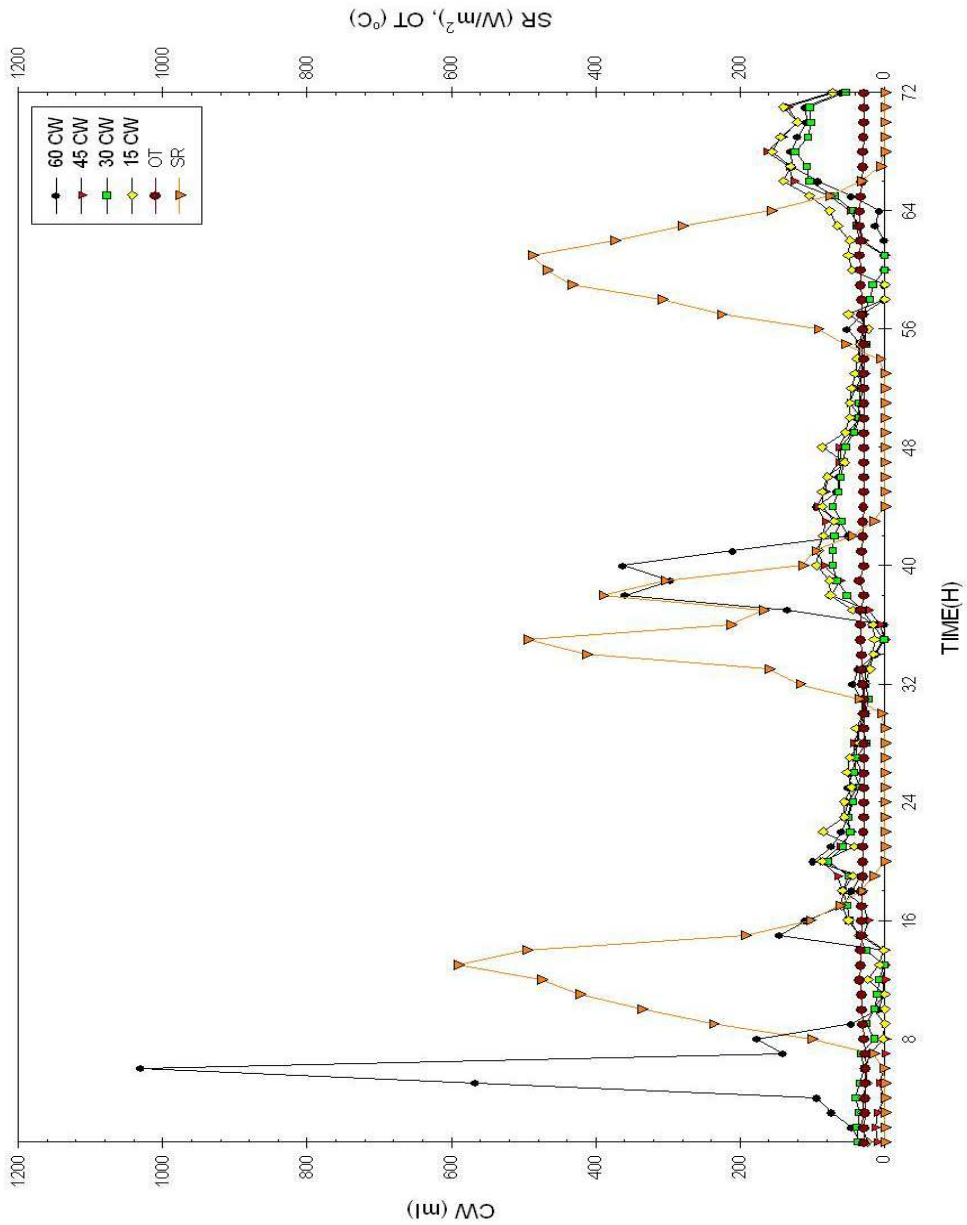


Fig.89 The Condensed Water and the Solar Radiation and outside temperature in Shower after Clear Day(2007.8.8~10)

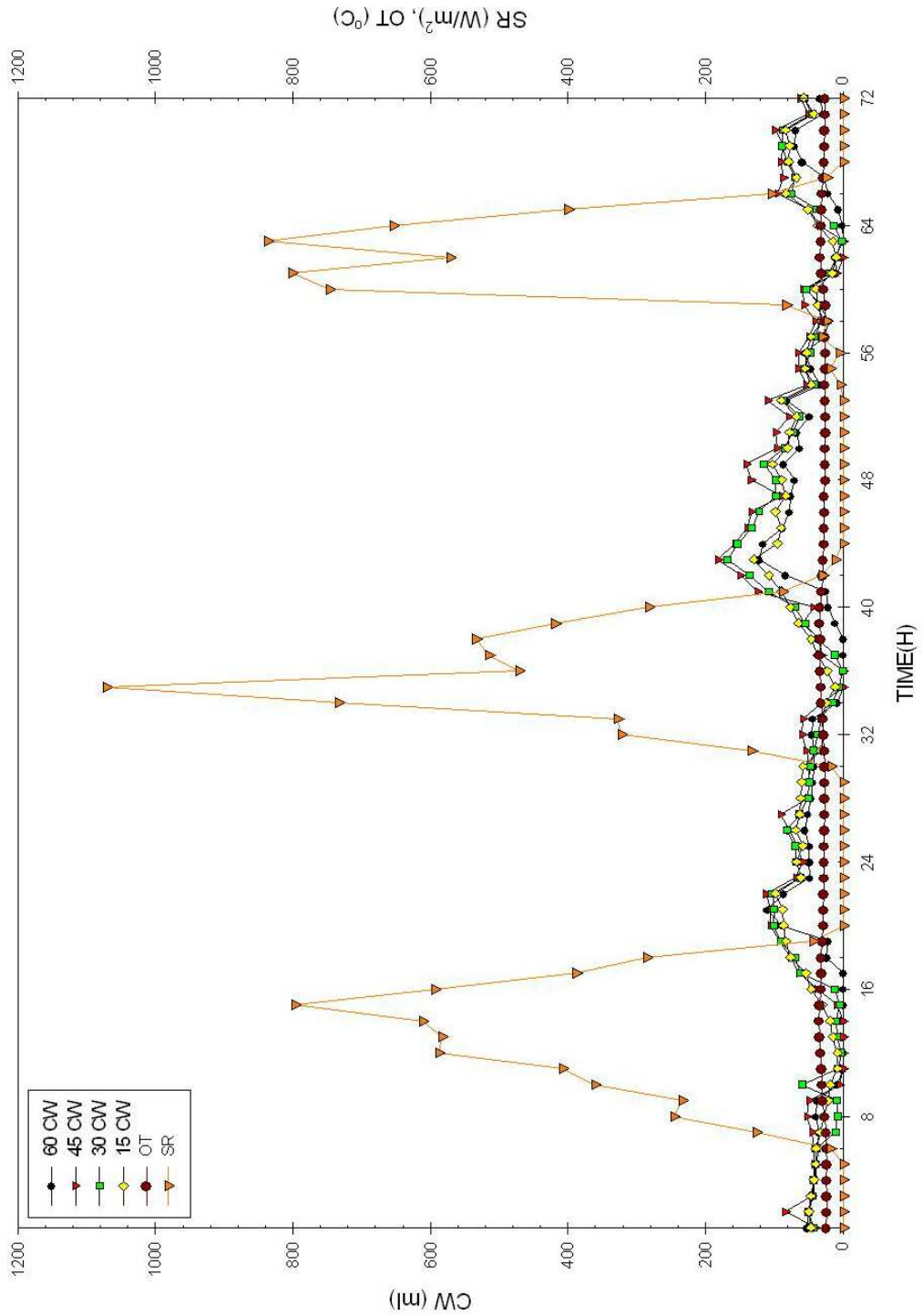


Fig.90 The Condensed Water and the Solar Radiation and outside temperature in Clear after Shower Day(2008.7.23~25)

Fig.89는 맑은 후 소나기가 온 날의 외기온도와 일사량과 응축수량을 나타내는데 날씨가 맑으면 증발량이 많고 소나비가 오면 온도의 강하로 인하여 응축이 시작되는데 가장 공극량이 많은 60°의 경우가 가장 응축수량이 많고 그다음이 45° 이러한 경우로 공극량의 크기에 따라 응축수량도 변함을 알 수 있다.

Fig.90은 소나기가 온 후 맑은 날의 외기온도와 일사량과 응축수량을 나타내는데 이러한 경우는 맑은 날씨의 경우와 큰 차이가 없음을 볼 수 있으며 응축수는 45°의 경우가 가장 많이 생성되었고 해가진 후 약 2-3 시간 후에 가장 많은 응축수가 생성됨을 볼 수 있다.

연속적으로 비가 오는 날은 증발량의 감소로 차츰 응축수량이 감소함을 볼 수 있다.

### 4.6.1.2 맑은 후 가랑비

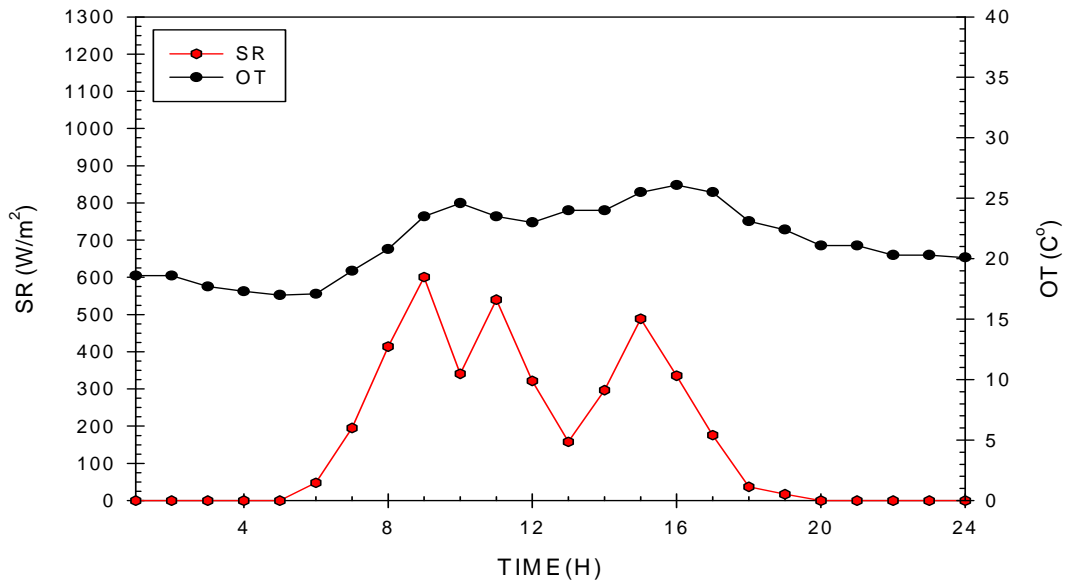


Fig.91 The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear after Drizzle Day(2008.6.3)

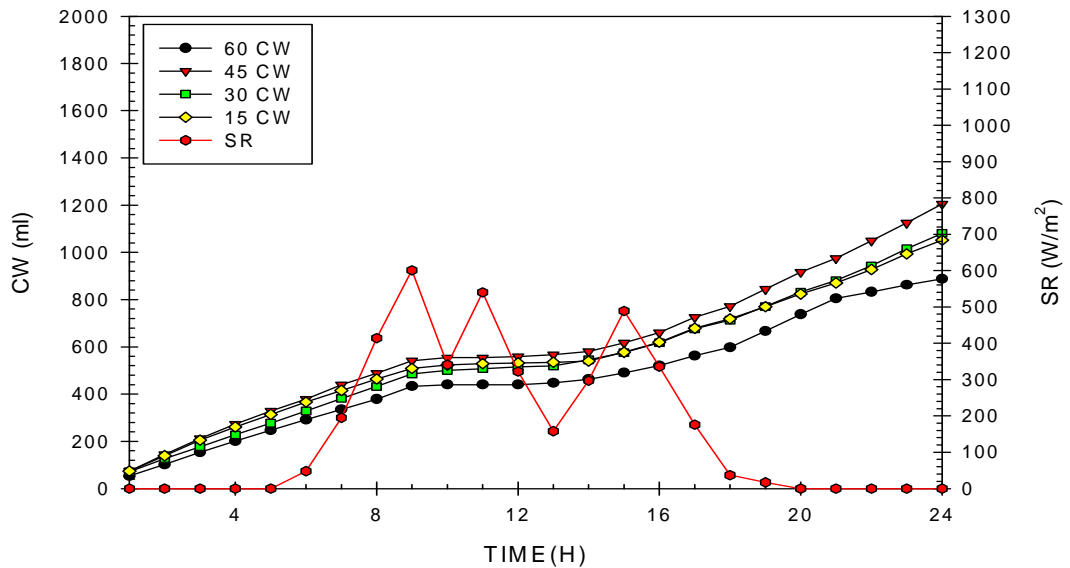


Fig.92 The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear after Drizzle Day(2008.6.3)

Fig.91은 일사량과 외기온도를 나타내는 구름이끼고 비가 조금씩 오락가락하는 경우를 나타내고 Fig.92는 일사량과 응축수 량과의 관계를 나타낸다. 일사량의 변화에 따른 외기온도의 변화는 크지 않음을 나타내고 있으며 응축수량은 서서히증가함을 보이고 있다.

## 4.6.2 맑은 후 눈이 날

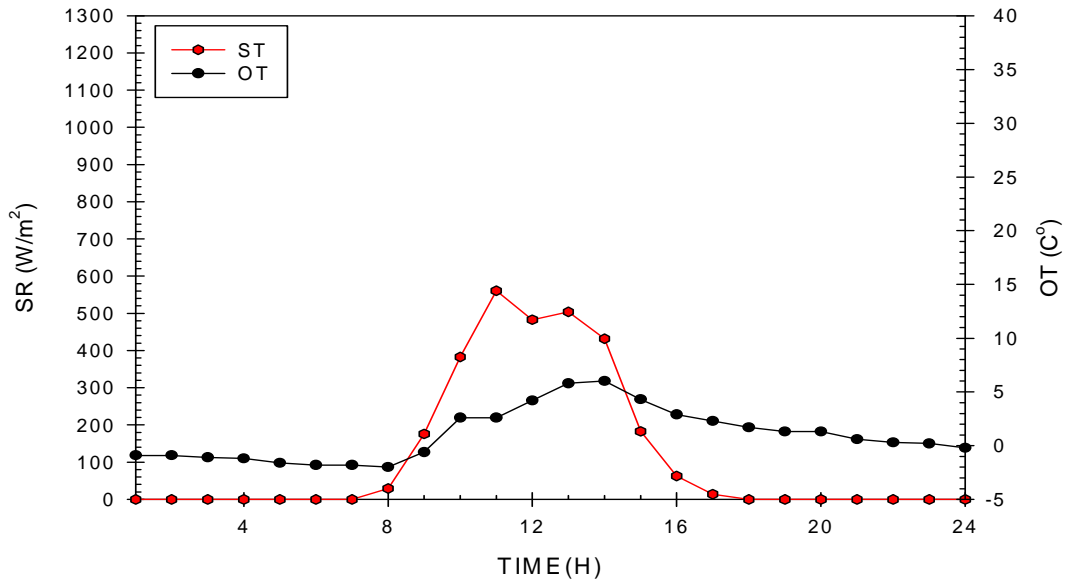


Fig.93 The Solar Radiation and the Outside Temperature in Clear after snowy day (2008.1.15)

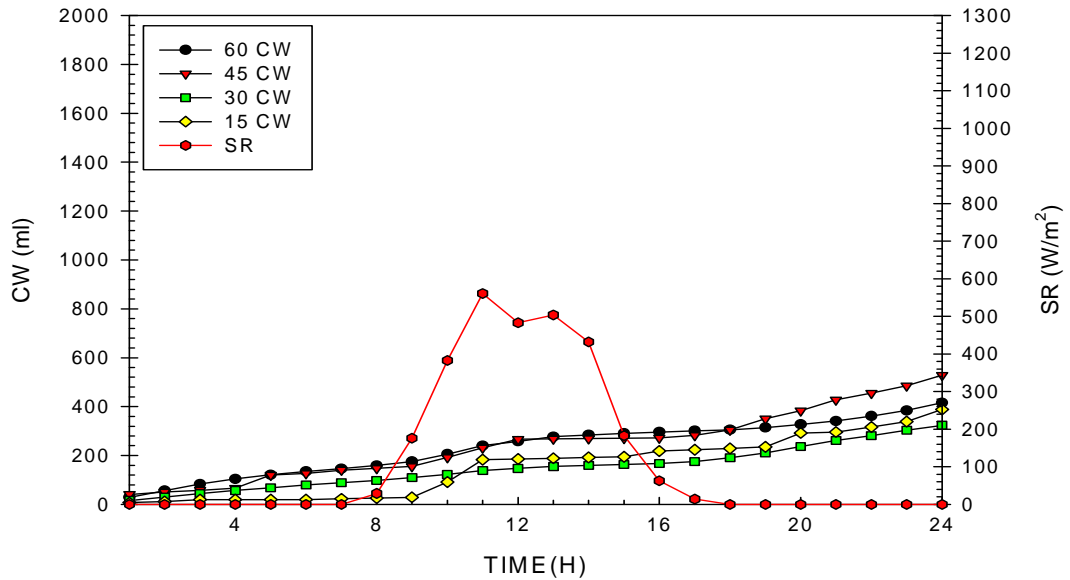


Fig.94 The Condensed Water and the Solar Radiation in Clear after snowy day (2008.1.15)

Fig.93은 맑은 후 눈온날의 외기온도와 일사량과의 관계를 나타내는데 일사량은 최고  $600 \text{ W/m}^2$  정도이고 외기온도는  $5^\circ\text{C}$  정도를 나타낸 날이며, Fig.94는 이때의 일사량과 응축수량과의 관계를 나타내는데 응축수는  $45^\circ$ 의 경우가 하루  $500\text{m}^3/\text{day}$ 의 양을 나타내었다.

### 4.6.3 비오다 눈 오는 날

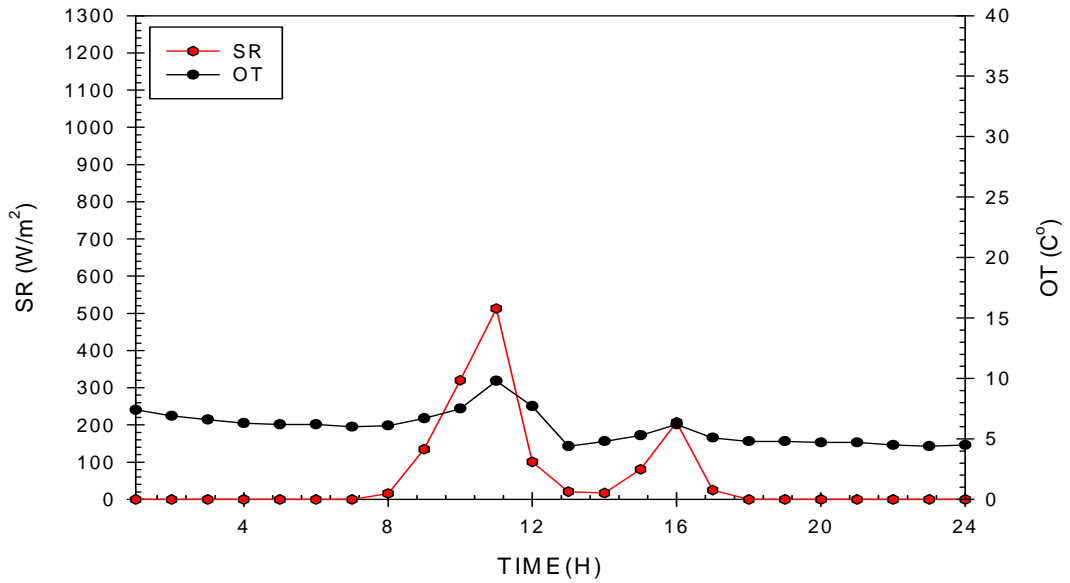


Fig.95 The Solar Radiation and the Outside Temperature in Snowy after Rainy day (2007.12.13)

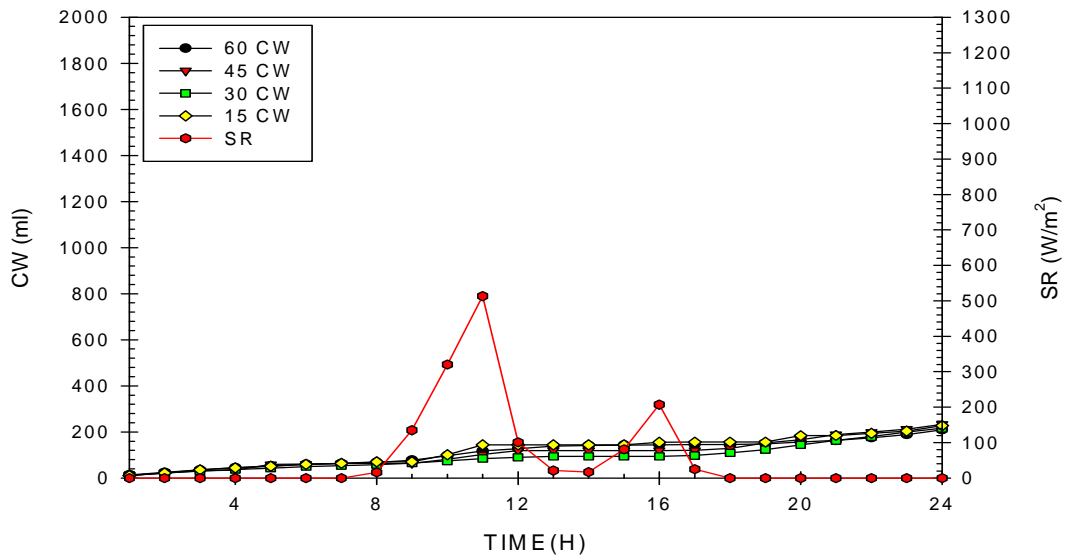


Fig.96 The Condensed Water and the Solar Radiation in Snowy after Rainy day (2007.12.13)



Fig.95는 비오다 눈온날의 일사량과 외기온도를 나타낸다. 최고온도는 최고 9℃ 정도를 나타냈으며 일사량은  $500 \text{ W/m}^2$  을 나타내었다.

Fig.96은 일사량과 응축수량을 나타내는데  $200\text{ml/day}$  이하로 아주 적은 양을 생성하였다.

## 4.7 날씨별 집열면적과 응축수량

Table.3 The Average of Condensed Water per Base Area of Water by Weather

Part Angle	Base Area of Water (cm <sup>2</sup> )	Sunny day Average of Condensed Water (ml)	Cloudy day Average of Condensed Water (ml)	Rainy day Average of Condensed Water (ml)	Snowy day Average of Condensed Water (ml)
15°	1000000	890	685	767	259
30°	1000000	1045	738	779	257
45°	1000000	1207	900	1047	392
60°	1000000	830	641	700	331

Table.4 The Base Area of Condensed Water System required for a man per one day

Angle	Required Condensed Water for a day(ml)	Required Base Area of Water(m <sup>2</sup> ) for Clear day	Required Base Area of Water(m <sup>2</sup> ) for Cloudy day	Required Base Area of Water(m <sup>2</sup> ) for Rainy day	Required Base Area of Water(m <sup>2</sup> ) for Snowy day
15°	2000	2.25	2.92	2.61	7.72
30°	2000	1.91	2.71	2.57	7.78
45°	2000	1.66	2.22	1.91	5.10
60°	2000	2.41	3.12	2.86	6.04

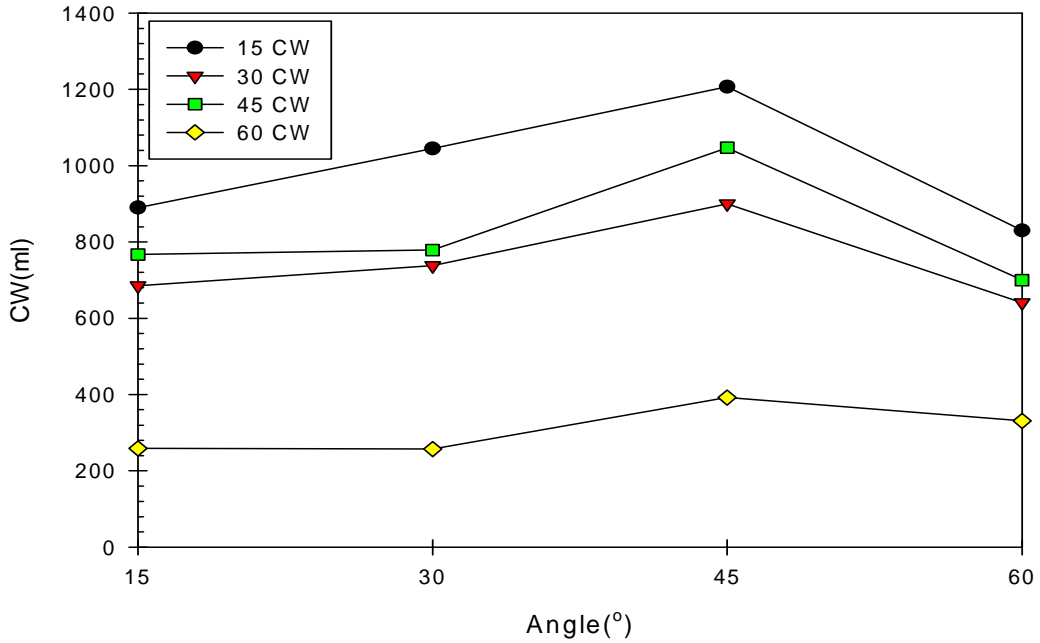


Fig.97 The average of Condensed Water by Angle (2007.11~2008.10)

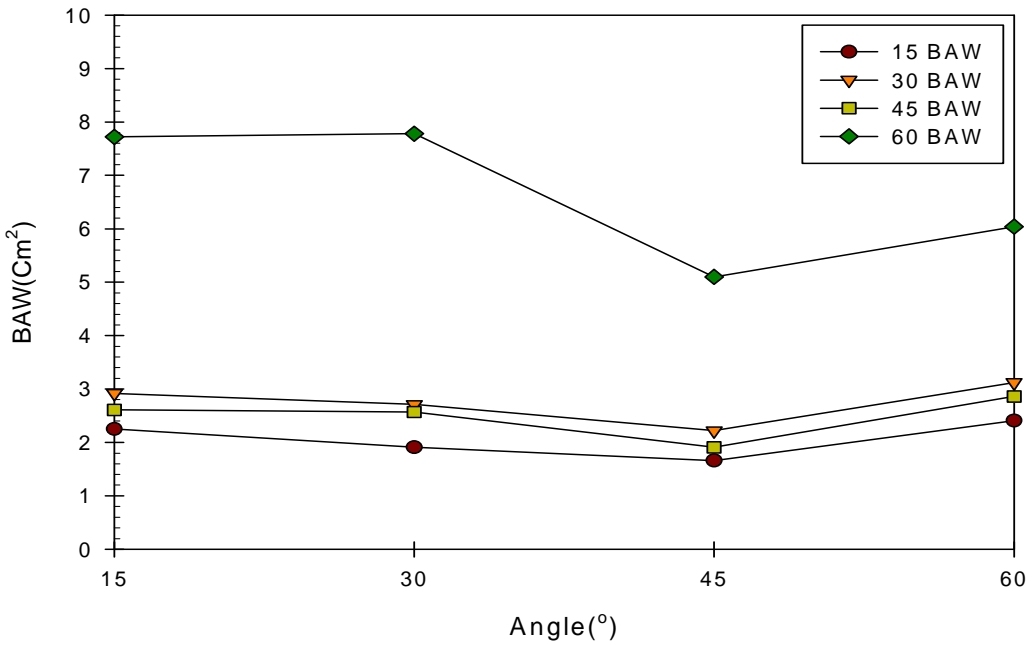


Fig.98 The Required Base Area of Condensed Water by Angle (2007.11~2008.10)

Table.5는 각 경사각에서 날씨에 따른 본 실험조(1m<sup>2</sup>)에서의 응축수량을 나타내고 있으며 Table.6은 하루 평균 성인이 필요한 물의 양을 2000 ml 라고 하였을 때의 1인당 필요면적을 날씨에 따라 각도 별로 나타낸 표이다. Fig.97은 각도에 따른 응축수량을 나타내며 Fig.98은 각도에 따른 필요 바닥 면적을 나타낸다.

날씨별 바닥면적에 대한 응축 수량은 45°의 경우 날씨와 무관하게 가장 많은 응축수량을 나타내었으며 맑은날은 45°의 경우가 1207ml 로 가장 많았고 30° 15° 60°의 순으로 응축수량을 생산하였으며 Table.6과 Fig.98에 나타낸 것과 같이 1인당의 필요 면적은 45°의 경우가 1.66 m<sup>2</sup>이며, 경사각이 60°의 경우 응축수를 가장 적게 생산하였으며 필요면적 또한 2.41m<sup>2</sup> 로 가장 많이 필요 하였다. 날씨에 따른 평균을 보면 날씨에 따라 다르기는 하지만 흐린 날과 비오는 날은 경사각이 60°의 경우가 가장 적은 응축수를 생산하였고 눈 오는 날은 경사각이 30°인 경우가 가장 적은 응축수를 나타내었다.

Table.5 The Solar Radiation and Outside Temperature by the Highest Condensed Water

Date \ Part	Solar Radiation(W/m <sup>2</sup> )	Outside Temperature(°C)	Condensed Water (ml)
2008. 5. 27	6701	23.6	2354
2008. 6. 2	5604	22.3	1623
2008. 7. 31	6639	30.3	1730
2008. 8. 1	6639	29.9	2489

Table.6 The Outside Temperature and Condensed Water by the Highest Solar Radiation

Date \ Part	Solar Radiation(W/m <sup>2</sup> )	Outside Temperature(°C)	Condensed Water (ml)
2008. 5. 31	8577	19.2	1547
2008. 6. 1	6167	21.2	1562
2008. 7. 27	7012	28.9	1516
2008. 8. 6	7547	27.8	2325

Table.7은 5,6,7,8월 중에서 일사량이 많고 경사각이 45°인 경우 응축수량이 가장 많은 날의 일사량과 외기온도를 나타내고 있고, Table.8은 경사각이 45°이고 일사량이 많은 5,6,7,8월중에서 일사량이 가장 높은 날의 외기온도와 응축수량을 나타내고 있다. 경사각이 45°인 경우에 일사량이 6000 W/m<sup>2</sup>~8000 W/m<sup>2</sup>사이일 때는 응축수량이 많았음을 알 수 있으며, 일사량이 5000 W/m<sup>2</sup>이나 8000 W/m<sup>2</sup>일 때는 오히려 응축수가 적게 생산되며 외기온도와는 관계가 크지 않음을 알 수 있는데 이는 실험조 내의 온도와 열전달량은 태양으로부터의 복사와 대류에 의한 열전달과 관계가 되므로 외기의 온도는 실험조 내의 온도와 관계가 깊지 않음을 알 수 있다.

Table.7 Monthly average amount of condensed water and solar radiation and outside temperature and required area for water

Date \ Part	Solar Radiation (W/m <sup>2</sup> )	Outside Temperature (°C)	Condensed Water (mℓ)	Required area for water
2008. 5	4444	21	1664	1.20
2008. 6	3679	22	1047	1.91
2008. 7	4755	28	1391	1.44
2008. 8	5906	29	1976	1.01
2008. 9	4815	24	1412	1.42

Table.9는 5,6,7,8,9월 달의 일사량과 외기온도와 응축수량과 성인 1인이 필요한 1일 2000 mℓ의 응축수를 생산하는데 필요한 집열면적을 나타내는데 제일 응축수량이 적은 6월의 경우 2 m<sup>2</sup> 이상의 면적이 필요함을 볼 수 있다.

## 4.8 월평균 응축수량과 경사각

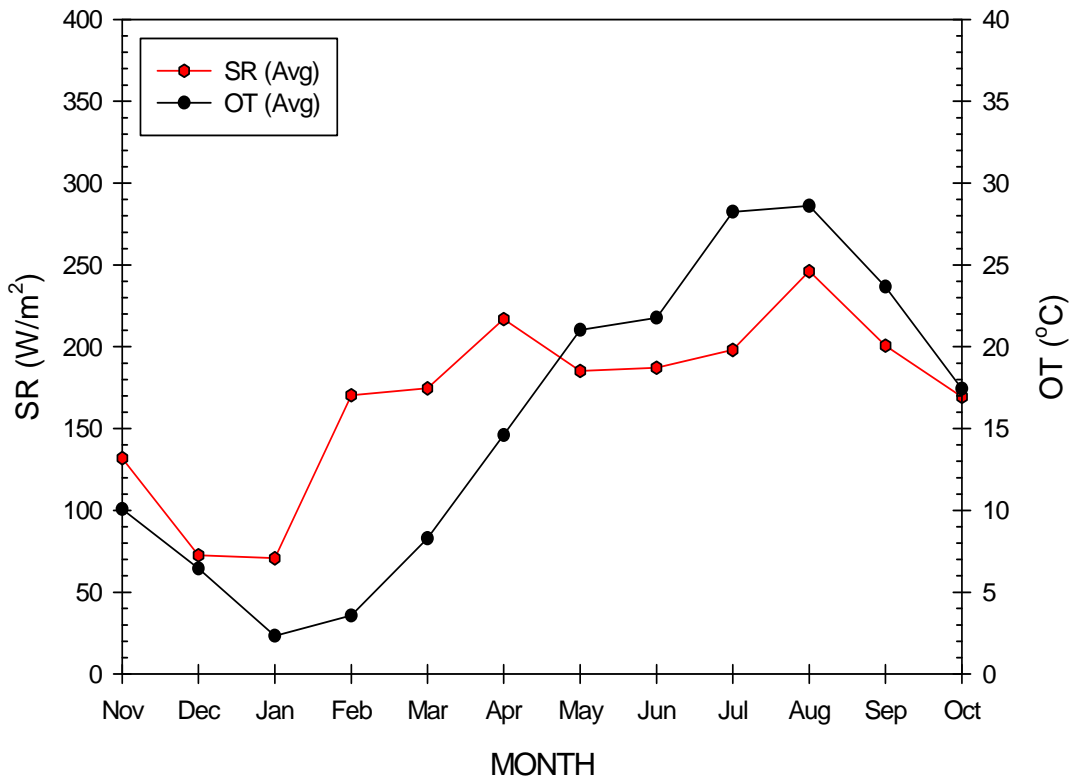


Fig.99 The Solar Radiation and the Outside Temperature (Total Average)  
(2007. 11~2008. 10)

Fig.99는 평균 일사량과 외기온도의 관계를 나타내고 있으며, 외기온도는 일사량이 증가한 후 서서히 증가하고 감소도 서서히 됨을 볼 수 있는데 5,6월 중에 비가 많이 와서 일사량이 3월보다 줄어들음을 볼 수 있었으며 8월은 일사량이 가장 많음을 볼 수 있다.



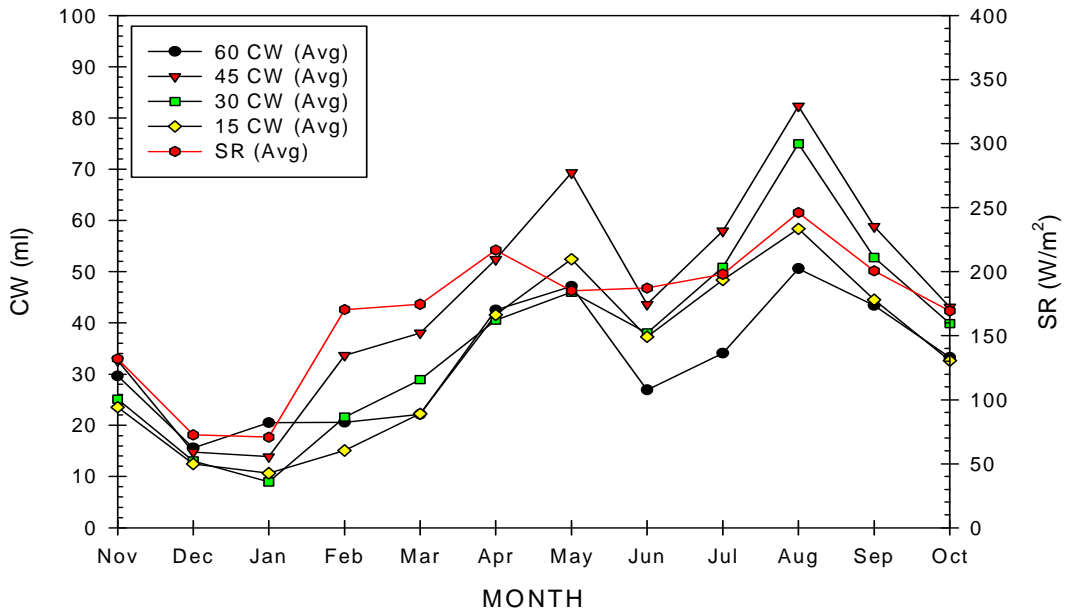


Fig.100 The Condensed Water and The Solar Radiation (Total Average per hour)  
(2007.11~2008.10)

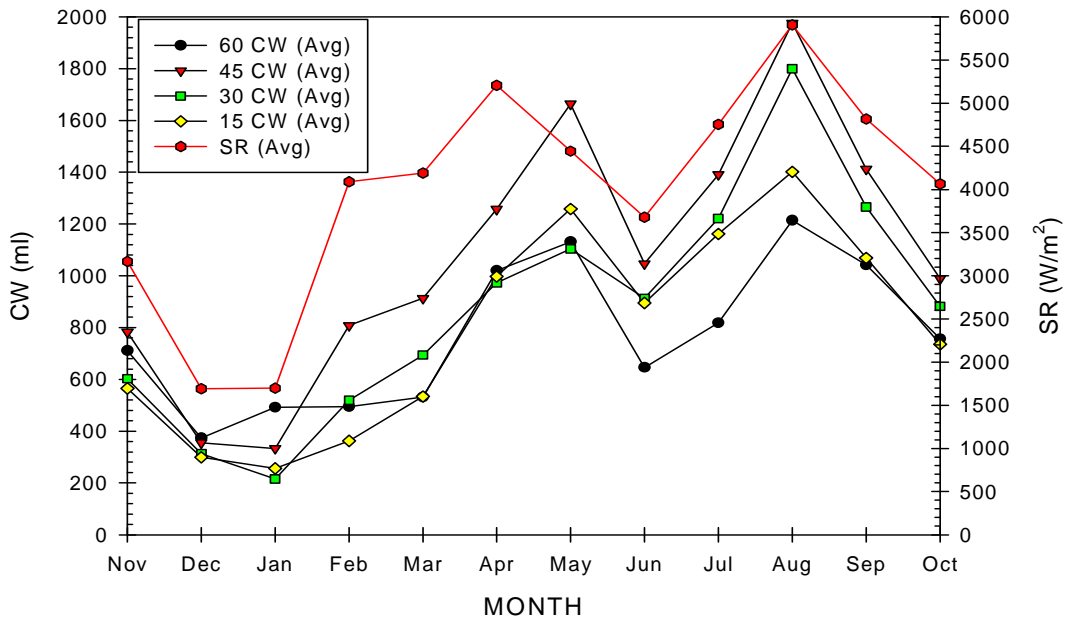


Fig.101 The Condensed Water and The Solar Radiation (Total Average per day)  
(2007.11~2008.10)

Fig.100은 월별 시간당 평균 응축수량과 일사량과의 관계를 나타내고 있다. Fig.101은 월별 하루 평균 응축수와 일사량의 관계를 나타내고 있다. 일사량과 각도 별 시간당 응축수량의 생산량은 거의 같은 경향을 나타냈으며, 5월의 경우 일사량은 낮으나 응축수량이 많은 것은 5월중에 맑고 비온 날의 변화가 심하기 때문으로 추정된다. 6월의 경우 일사량도 낮고 응축수량이 낮은 것은 6월중 흐린 날이 많아 증발량이 적으므로 응축이 활발히 이루어 지지 않았기 때문으로 추정된다.

## 제 5 장 결 론

본 연구에서는 입사각이 60°, 45°, 30°, 15°의 경사면을 가진 육면체에서, 태양빛이 투과되는 경사면인 유리를 제외한 전체의 면을 단열시키고 흑색의 FRP로 제작된 태양열에 의한 증발장치에서 계절과 날씨에 따른 각 구조별 증발 및 응축현상을 실험하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

### 1. 계절별 응축수량

응축수는 지축의 영향으로 봄, 여름, 가을에는 45° 겨울에는 60°에서 응축수량이 많이 생산 되었으며, 일사량이 최고를 기록한 시간대 이후 실험조의 내부와 외부온도가 차가 제일 클 때 가장 많은 응축수를 생산 하였다.

가. 봄 평균 응축수 생산량은 경사각이 45°인 경우 993ml로 가장 많이 생산 하였으며, 60°는 가장 많이 생산한 45°에 비해 68.68%, 30°는 73.41%, 15°는 63.54% 생산 하였다.

나. 여름 평균 응축수 생산량은 경사각이 45°인 경우 1367ml로 가장 많이 생산 하였으며, 60°는 가장 많이 배출한 45°에 비해 63.28%, 30°는 78.93%, 15°는 80.83% 생산 하였다.

다. 가을 평균 응축수 생산량은 경사각이 45°인 경우 1459ml로 가장 많이 생산 하였으며, 60°는 가장 많이 배출한 45°에 비해 68.81%, 30°는 90.20%, 15°는 73.27% 생산 하였다.

라. 겨울 평균 응축수 생산량은 경사각이 60°인 경우 526ml로 가장 많이 생산 하였으며, 45°는 가장 많이 배출한 60°에 비해 93.34%, 30°는 71.67%, 15°는 70.91% 생산 하였다.

### 2. 날씨별 응축수량

장마철과 폭우 날씨 경우는 60°에서 공극과 경사각의 영향으로 최대 응축수량을 생산 하였으며, 그 외 날씨의 경우는 45°에서 최대 응축수량을 생산 하였다.

가. 맑은 날씨의 경우 경사각이 45°인 경우가 1207ml로 가장 많은 응축수를 생산 하였으며 30°의 경우가 86.58%, 15°의 경우가 73.34%, 60°의 경우가 68.77%를 생산 하였다.

나. 흐린 날씨의 경우 경사각이 45° 인 경우가 900㎖로 가장 많은 응축수를 생산하였으며 30° 의 경우가 82.00%, 15° 의 경우가 76.11%, 60° 의 경우가 71.22%로 가장 적은 응축수를 생산 하였다.

다. 비가 온 날씨의 경우 경사각이 45° 인 경우가 1047㎖로 가장 많은 응축수를 생산하였으며, 30° 의 경우가 74.40%, 15° 의 경우가 73.26%, 60° 의 경우가 66.86%로 가장 적은 응축수를 생산하였다.

라. 2007년 12월부터 2008년 2월 까지 눈온날의 평균을 보면 경사각이 45° 인 경우가 392㎖로 가장 많은 응축수를 생산하였으며 이, 60° 의 경우가 84.44%, 15° 의 경우가 66.07%, 30° 의 경우가 65.56%를 생산 하였다.

### 3. 필요 집열 면적

가. 맑은 날 평균 1인당의 필요 면적은 45° 의 경우가 1.66 m<sup>2</sup> 이며, 경사각이 60° 의 경우 필요면적은 2.41m<sup>2</sup> 로 가장 많이 필요 하였다. 날씨에 따른 평균을 보면 날씨에 따라 다르기는 하지만 흐린 날과 비오는 날은 경사각이 60° 의 경우가 가장 적은 응축수를 생산하였고 눈 오는 날은 경사각이 30° 인 경우가 가장 적은 응축수를 나타내었다

나. 5,6,7,8,9월 달의 평균 필요 집열 면적은 45° 의 경우가 가장 많이 생성되었고 6월의 응축수량이 1047㎖로 가장 적게 생성되어 그 경우 2.0m<sup>2</sup>가 필요 하였다.

다. 흐린 날 평균 1인당의 필요 면적은 45° 의 경우가 2.22 m<sup>2</sup> 이며, 경사각이 60° 의 경우 필요면적 또한 3.12 m<sup>2</sup> 로 가장 많이 필요 하였다

## REFERENCES

1. 태양에너지 이용 활성화에 따른 절감효과 분석 자료집 중 (2001. 1. 에너지대안센터)
2. 김석중, “태양열 집열기 및 온수기에 대한 국내 현황”, Solar Energy, Vol.11, No. 3, 1991, pp.84-88.
3. “물 부족 대책 국제회의”, 스위스 제네바, 1992. 2.
4. 문용국, “바닷물로 담수 만들기 첨단기술 6가지”, 과학동아, 1995. 4, pp.136-140.
5. 강용혁, 양윤섭, “태양열 이용기술 개발 현황”, Solar Energy, Vol.18, No. 2, 1998, pp.1-17.
6. 양귀철, 김동국, 김상현, 전원표, “증기재압축식 해수담수화장치의 구성 및 운전특성”, 한국에너지공학회, 춘계 학술발표회 논문집, 2000, pp.243-248.
7. 김재윤, 박상진, 송치성, “해상플랜트용 담수화장치 기술개발”, 한국박용기관학회 춘계학술발표대회 논문집, 2001, pp.112-116.
8. 박영훈, 김병철, “태양열에 의한 증발효과에 대한 연구”, 대한 설비 공학회, 하계학술 발표대회 논문집, 2004, pp.224.
9. 문덕수, 정동호, 김현주, 신필권, “역삼투압막 해수담수화 장치의 미네랄 분리 성능평가”, 한국해양환경공학회지, Vol.8, No.2, 2005. 5, pp.60-66.
10. 김정배, 주홍진, 윤응상, 주문창, 곽희열, “태양에너지 해수담수화시스템 실증” 한국태양에너지학회 논문집 Vol.27, No.4, 2007, pp27-33.
11. 김정배, 곽희열, “태양에너지 해수담수화시스템에의 적용을 위한 판형 해수담수기의 열성능에 관한 실험적 연구”, 한국태양에너지학회 논문집 Vol.27, No.4, 2007, pp.35-41.
12. 이부윤, “풍차를 이용한 담수화장치” 기계저널, Vol.48, No.5, 2008, pp.10-11.
13. 정형호, “증발법에 의한 해수담수화”, 설비저널 Vol.37, No.1, 2008.1, pp.40-44.
14. 홍대석, “해수 담수화 공정의 비교 및 에너지 저감화”, 설비저널 Vol.37, No.1, 2008. 1, pp.45-49.
15. 백남춘, “태양열 집열기 및 온수기 인증제도”, Solar Energy, Vol.4, No. 4, pp.3-9.
16. Richard H. Pierce, L. Kellie Dixon, 1992, Innovative Solar Technologies Demonstration Program "A Solar Distillation Project" Mote Marine Laboratory Technical Report No. 280.

17. Robert E. Foster, Martin Romero, Sharon Eby-Martion, Gregory R. Vogel, Michael Cormier, William Amos, Vipin Gupta, 2002, American Solar Energy Society Reno, Nevada, "Solar Distillation Providing Potable Water for Border Colonias"
18. W.R.McCluney, 1984, "Solar Distillation of Water", Energy Note FSEC – EN – 80 February 1984.
19. Brace Research Institute, "How to make a Solar Still(Plastic-Covered), Do-it-Yourself Leaflet No, L-1, MacDonald College of McGill University, February 1973.
20. "Low Cost Portable Solar Still", Sunworld, Vol3, No.6, 1979, p172
21. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Solar Distillation and a Means of Meeting Small-Scale Water Demands, United Nations Sales Section, New York, 1790.
22. United States Department of the Interior, Office of Water Research and Technology, The A-B-C of Desalting, Superintendent of Documents, Government Printing Office, Washington D. C. 1977.
23. Campbell, George, "How To Get Pure Drinking Water From The Sun", Popular Mechanics, Volume 157, No.3, March 1982.
24. Halacy.D.S "How To Build And Use A Solar Still", Moter Earth News, No.29, September 1974, pp.72-74.
25. Hoew,D, "Water Spply and Sun Power", Naturalist, 1973, pp.22-29.
26. Howe, Everett D, "Solar Distillation of Water : An Introduction", Sunworld, Vol.6, No.1, 1982, pp.2-3.
27. Kettani.M,Ali, "Review of Solar Desalination", Sunworld, Vol.3, No.3, 1979.
28. Probststein, Ronald F. "Desalination", American Scientist, Vol.61, No.3, 1978, pp.280-293.
29. Takla, Assad, "Solar Water Distillation", Bulletin, New Mexico Solar Energy Association, Vol.3, No.10, 1978, pp.15-16.
30. Lourdes Garcia-Rodriguez, Carlos Gomez-Camacho, 1999, "Preliminary Design and cost analysis of a solar distillation system", Desalination 126, 1999, pp.109-114

31. A. E. KLabel, M. A. Rayan, "Theoretical and Experimental Investigation on the Influence of Still Glass Cover Cooling on Water Productivity"
32. Delyaannis. A. A., and Delyannis, E., "Solar Desalination", Desalination, Vol.50, 1984, pp.71-81.
33. Dunham, D. C., Fresh Water from the Sun, Agency for International Development, Department of State, Washington, D. C., 1978, p.133.
34. Koelzer, V. A., "Desaltin", National Water Commission, May 1972, p.134
35. Water Desalination Report, Maria Carmen Smith Publisher, P0 Box 35-K, Tracey's Landing, MD20779.
36. 에너지관리공단, 1982, 한국 태양열 집열기 시공기능요원 교육교재, pp36-51.

## 저작물 이용 허락서

학 과	기계공학과	학 번	20077336	과 정	박사
성 명	한글 : 장 원 택    한문 : 張 元 澤    영문 : Jang, Won Taek				
주 소	광주광역시 서구 치평동 쌍용금호 아파트 205동 403호				
연락처	E-MAIL : jangwt2000@hanmail.net				
논문제목	한글 : 태양열을 이용한 응축 시스템 개발에 관한 연구				
	영어 : A Study on the Development of Condensation System by using Solar Distillation				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다                    음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(  )    반대(     )

2009년    2    월

저작자:    장    원    택    (인)

**조선대학교 총장 귀하**